Comisión Federal de Electricidad

TURBINAS HIDRÁULICAS TIPO KAPLAN DE EJE VERTICAL

ESPECIFICACIÓN
CFE W8300-09

DICIEMBRE 2013
REVISA Y SUSTITUYE A LA
EDICIÓN DE AGOSTO 2008

MÉXICO

P R E F A C I O

Esta **especificación** ha sido elaborada de acuerdo con las Bases Generales para la Normalización en CFE. La propuesta de revisión fue preparada por la **Coordinación de Proyectos Hidroeléctricos.**

Revisaron y aprobaron la presente **especificación** las áreas siguientes:

COORDINACIÓN DE PROYECTOS HIDROELECTRICOS

GERENCIA DE ABASTECIMIENTOS

GERENCIA DE LAPEM

SUBDIRECCIÓN DE GENERACIÓN

El presente documento normalizado entra en vigor a partir de la fecha abajo indicada y será actualizado y revisado tomando como base las observaciones que se deriven de la aplicación del mismo. Dichas observaciones se deben enviar a la Gerencia de **LAPEM,** cuyo Departamento de Normalización y Metrología coordinará la revisión.

Esta **especificación** revisa y sustituye a la edición de agosto de 2008 y a todos los documentos normalizados de CFE relacionados con turbinas hidráulicas tipo Kaplan de eje vertical que se hayan publicado.

AUTORIZO:

ING. LUIS JAVIER FREYRE RIZO
GERENTE DEL LAPEM

NOTA: Entra en vigor a partir de:

140218

851015	Rev	950529	060410	080829	131218						

C O N T E N I D O

1	OBJETIVO	1
2	CAMPO DE APLICACIÓN	1
3	NORMAS QUE APLICAN	1
4	DEFINICIONES	3
4.1	Rodete	3
4.2	Antedistribuidor	4
4.3	Distribuidor	4
4.4	Paletas reguladoras	4
4.5	Mecanismo de regulación	4
4.6	Tapa superior	4
4.7	Anillo Inferior	4
4.8	Anillo de regulación	4
4.9	Perno de ruptura	4
4.10	Anillo de descarga	5
4.11	Flecha	5
4.12	Estopero de la flecha	5
4.13	Carcasas espiral y semiespiral	5
4.14	Tubo de aspiración	5
4.15	Anillo de estancamiento	5
4.16	Torcha	5
4.17	SCAAD	5
5	CARACTERÍSTICAS Y CONDICIONES GENERALES	5
5.1	Condiciones generales	5
5.2	Equipo y servicios requeridos	6
5.3	Condiciones de diseño	7
5.4	Suministro sujeto a ser confirmado en las Características Particulares	37
6	CONDICIONES DE OPERACIÓN	37
6.1	Tipo y uso	37
6.2	Control a distancia de la Central Hidroeléctrica	37
6.3	Ruidos y Vibraciones	38

6.4 **Sobrepresión, Sobrevelocidad y Velocidad de Desboque** 38

6.5 **Cierre del Distribuidor** 38

7 **CONDICIONES DE DESARROLLO SUSTENTABLE** 38

8 **CONDICIONES DE SEGURIDAD INDUSTRIAL** 39

9 **CONTROL DE CALIDAD** 39

9.1 **Generalidades** 39

9.2 **Contenido de la Información** 40

9.3 **Pruebas en Fábrica** 41

9.4 **Pruebas en Sitio** 46

10 **MARCADO** 51

10.1 **Requerimientos Generales** 51

10.2 **Placa de Datos** 52

11 **EMPAQUE, EMBALAJE, EMBARQUE, TRANSPORTACIÓN, DESCARGA, RECEPCIÓN, ALMACENAJE Y MANEJO** 53

12 **BIBLIOGRAFÍA** 54

13 **CARACTERÍSTICAS PARTICULARES** 55

APÉNDICE A (Informativo) **INFORMACIÓN TÉCNICA** 61

APÉNDICE B (Informativo) **PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS EQUIPOS** 66

TABLA 1 **Características de asientos y cuellos** 14

TABLA 2 **Partes de repuesto solicitadas por la CFE** 36

TABLA 3 **Herramientas** 36

TABLA 4 **Controles de calidad en fábrica** 45

FIGURA 1 **Turbina tipo Kaplan de eje vertical** 8

FIGURA 2 **Posición de los sensores en el modelo** 11

FIGURA 3 **Posición de los sensores en el prototipo** 12

1 OBJETIVO

Establecer las características técnicas de diseño, operación y control de calidad, que deben cumplir las turbinas hidráulicas tipo Kaplan de eje vertical y sus equipos auxiliares.

2 CAMPO DE APLICACIÓN

Cuando se adquieren turbinas hidráulicas tipo Kaplan de eje vertical para las centrales hidroeléctricas de la Comisión Federal de Electricidad (CFE).

3 NORMAS QUE APLICAN

NOM-001-SEDE-2012	Instalaciones eléctricas (Utilización).
NOM-008-SCFI-2002	Sistema General de Unidades de Medida.
NOM-011-STPS-2001	Condiciones de Seguridad e Higiene en los Centros de Trabajo Donde se Genere Ruido.
NOM-081-SEMARNAT-1994	Que Establece los Límites Máximos Permisibles de Emisión de Ruido de las Fuentes Fijas ysu Método de Medición.
NMX-B-254-CANACERO-2008	Industria Siderurgica-Acero Estructural-Especificaciones y Métodos de Prueba.
NMX–E-242/1-ANCE-CNCP-2005	Industria del Plástico.- Tubo de Polietileno de Alta Densidad (PEAD) para Instalaciones Eléctricas Subterráneas (Conduit) - Especificaciones y Métodos de Prueba - Parte 1: Pared Corrugada.
NMX-E-242/2-ANCE-CNCP-2005	Industria del Plástico.- Tubos de Polietileno de Alta Densidad (PEAD) Para Instalaciones Eléctricas Subterráneas (Conduit) - Especificaciones y Métodos de Prueba - Parte 2: Pared Lisa.
NMX-J-075/1-ANCE-1994	Aparatos Eléctricos – Máquinas Rotatorias Parte 1: Motores de Inducción de Corriente Alterna Tipo Rotor en Cortocircuito en Potencias de 0,062 kW a 373 kW – Especificaciones.
NMX-J-235/1-ANCE-2000	Envolventes – Envolventes (Gabinetes) para Uso en Equipo Eléctrico – Parte 1: Requerimientos Generales –Especificaciones y Métodos de Prueba.
NMX-J-235/2-ANCE-2000	Envolventes – Envolventes (Gabinetes) para Uso en Equipo Eléctrico – Parte 2: Requerimientos Específicos – Especificaciones y Métodos de Prueba.
NMX-J-438-ANCE-2003	Conductores - Cables con Aislamiento de Policloruro de Vinilo, 75°C y 90 °C para Alambrado de Tableros– Especificaciones.
NMX-J-492-ANCE-2003	Conductores – Cables Monoconductores de Energía para Baja Tensión, no Propagadores de Incendio, de Baja Emisión de Humos y sin Contenido de Halógenos 600 V, 90°C – Especificaciones.

NMX-J-534-ANCE-2008	Tubos Metálicos Rígidos de Acero Tipo Pesado y sus Accesorios para la Protección de Conductores Eléctricos – Especificaciones y Métodos de Prueba.
NMX-J-536-ANCE-2008	Tubos Metálicos de Acero Tipo Ligero y sus Accesorios para la Protección de Conductores Eléctricos –Especificaciones y Métodos de Prueba.
IEC 60041-1991	Field Acceptance Tests to Determine the Hydraulic Performance of Hydraulic Turbines, Storage Pumps and Pump –Turbines.
IEC 60193-1999	Hydraulic Turbines, Storage Pumps and Pump – Turbines - Model Acceptance Tests.
IEC 60545-1976	Guide for Commissioning Operation and Maintenance of Hydraulic Turbines.
IEC 60609-1-2004	Hydraulic Turbines, Storage Pumps and Pump – Turbines – Cavitation Pitting Evaluation - Part 1: Evaluation in Reaction Turbines, Storage Pumps and Pump – Turbines.
IEC 60994-1997	Guide for Field Measurements of Vibrations &Pulsations in Hydraulic Machines (Turbines, Storage Pumps &Pump-Turbines).
ISO 1999-1990	Acoustics - Determination of Occupational noise Exposure and Estimation of noise - Induced Hearing Impairment.
ISO 7919-1-1996	Mechanical Vibration of non - Reciprocating Machines - Measurements of Rotating Shafts and Evaluation Criteria - Part 1: General Guidelines.
ISO 7919-5-2005	Mechanical Vibration - Evaluation of Machine Vibration by Measurements on Rotating Shafts - Part 5: Machine Sets in Hydraulic Power Generating and Pumping Plants.
ISO 9001-2000	Quality Management Systems - Requirements.
ISO 10816-1-1995	Mechanical Vibration - Evaluation of Machine Vibration by Measurements on non Rotating - Part 1: General Guide-Lines.
ISO 10816-5-2000	Mechanical Vibration - Evaluation of Machine Vibration by Measurements on non - Rotating Parts - Part 5: Machine Sets in Hydraulic Power Generating and Pumping Plants.
NRF-001-CFE-2007	Empaque, Embalaje, Embarque, Transporte, Descarga, Recepción y Almacenamiento de Bienes Muebles Adquiridos por CFE.
NRF-002-CFE-2009	Manuales, Procedimientos e Instructivos Técnicos.
.	
NRF-010-CFE-2009	Transportación Especializada de Carga.
NRF-077-CFE-2009	Sistema de Desagüe y Achique para Centrales Hidroeléctricas

NRF-079-CFE-2009	Sistema para que Unidades Hidroeléctricas Operen como Condensador Síncrono.
NRF-080-CFE-2010	Sistema de Ventilación para Centrales Hidroeléctricas.
CFE 017PH-12-2006	Equipo para el Sistema de Agua de Enfriamiento para Centrales Hidroeléctricas.
CFE 051PU-27-1988	Equipo Centrífugo Portátil Purificador de Aceite.
CFE D2100-18-2012	Aceites Lubricantes para Turbinas.
CFE D8500-01-2012	Selección y Aplicación de Recubrimientos Anticorrosivos.
CFE D8500-02-2012	Recubrimientos Anticorrosivos.
CFE D8500-22-2012	Recubrimientos Anticorrosivos y Pinturas para Centrales Hidroeléctricas.
CFE DY700-08-1999	Soldadura y sus Aspectos Generales.
CFE DY700-16-2000	Soldadura y sus Aplicaciones.
CFE GA4L0-54-2008	Regulador de Velocidad Electrohidráulico con Control Digital Programable para Turbinas de Centrales Hidroeléctricas.
CFE L0000-15-2012	Colores Normalizados
CFE V6300-21-2006	Centros de Control de Motores de Baja Tensión Corriente Alterna.
CFE W4200-12-2011	Generadores para Centrales Hidroeléctricas.
CFE X0000-30-2008	Chumaceras para el Grupo Turbina Hidráulica Generador de Eje Vertical.

NOTA: **En caso de que los documentos anteriores sean revisados o modificados, debe utilizarse la edición vigente, en la fecha de publicación de la convocatoria para licitación, salvo que la CFE indique otra cosa.**

4 DEFINICIONES

4.1 Rodete

Es el elemento rotatorio que transforma la energía cinética del agua, en movimiento giratorio o energía mecánica para accionar la unidad generadora, véase figura B1 en el Apéndice B de esta especificación.

Está constituido por tres partes principales: el cubo, el cono y los álabes móviles.

4.1.1 Cubo

Es la parte central del rodete, que soporta los álabes móviles y aloja a los mecanismos que les proporcionan el movimiento que éstos requieren y contiene la cámara de lubricación y orificios de drenaje para desalojar el aceite infiltrado.

4.1.2 Cono

Es la extensión cónica debajo del cubo del rodete, el cual sirve para guiar el flujo del agua a la salida del rodete.

4.1.3 Álabes móviles del rodete

Son los elementos curvos o alabeados del rodete, ensamblados alrededor del cubo. Pueden ajustarse para presentar su perfil más eficiente al paso del agua, transformando la energía cinética del agua, con la mayor eficiencia posible, en energía mecánica la cual es transmitida al propio cubo y a la flecha de la turbina, proporcionando en esta forma, el par motor que se requiere para hacer girar al rotor del generador.

4.2 Antedistribuidor

Es un elemento estructural rígido, compuesto por dos piezas anulares ligadas entre sí, por un número determinado de paletas fijas, que tienen como función guiar el agua que viene de la carcasa espiral.

4.3 Distribuidor

Es el conjunto formado por los anillos soporte inferior, superior y laspaletasdirectrices o reguladoras. Su línea de centro está representada por un plano equidistante de las partes superior e inferior de estas paletas.

4.4 Paletas reguladoras

Son elementos de perfil hidrodinámico que forman parte del distribuidor y cuyo propósito es regular el flujo del agua hacia el rodete.

4.5 Mecanismo de regulación

Es el conjunto de elementos que hace posible la operación de las paletasdirectrices o reguladoras y de los álabes móviles del rodete, al controlar y optimizar el flujo del agua que permita obtener la energía cinética del agua adecuada para cada una de las condiciones de operación. Algunos de estos elementos son: el servomotor, el anillo regulador, las bielas y el cabezal hidráulico, así como los pernos, varillas y eslabones.

4.6 Tapa superior

Es el elemento estructural rígido que cubre la parte superior del distribuidor, constituye la separación entre la cámara inundada del rodete y la parte seca del foso de la turbina. Contiene al estopero de la flecha, los cojinetes superiores de los álabes directrices, las bases para soporte y guía de deslizamiento del anillo de regulación y el soporte de la chumacera guía de la turbina.

4.7 Anillo inferior

Es una estructura anular estacionaria, situada bajo las paletas reguladoras, la cual soporta los vástagos inferiores.

4.8 Anillo de regulación

Es un anillo de movimiento angular cuyo propósito es transmitir simultáneamente el movimiento y la fuerza de los servomotores a las paletas directrices.

4.9 Perno de ruptura

Es un dispositivo protector reemplazable que generalmente tiene una sección rebajada, la cual se rompe cuando una obstrucción impide que se muevan una o más paletas directrices.

4.10 Anillo de descarga

Es el elemento estructural estacionario que circunda los álabes del rodete y sirve de guía al flujo del agua. Su parte inferior está unida al forro metálico del tubo de aspiración.

4.11 Flecha

Es el elemento rotatorio que transmite el par desarrollado por el rodete de la turbina, al rotor del generador.

4.12 Estopero de la flecha

Es una cámara anular que envuelve a la flecha y contiene un material obturador autoajustable y de fácil reemplazo.

4.13 Carcasas espiral y semiespiral

4.13.1 Carcasa espiral

Es una cámara fabricada con acero, que envuelve completamente a la turbina y que distribuye uniformemente el flujo de agua hacia el distribuidor, véase figuraB.2 en el Apéndice B de esta especificación.

4.13.2 Carcasa semiespiral

Es una cámara estructural construida con concreto, que envuelve completamente a la turbina, cerrada para que el flujo se dirija a la parte superior de la turbina y con caja espiral en la parte inferior de la misma, lo que permite distribuir uniformemente el flujo de agua hacia el distribuidor. Se utiliza principalmente con caídas bajas y con gran caudal, véase figura B.3 en el Apéndice B de esta especificación.

4.14 Tubo de aspiración

Es un conducto en forma divergente, que recibe el agua que descarga el rodete de la turbina, recuperando parte de su energía cinética, véase figura B.4en el Apéndice B de esta especificación

4.15 Anillo de estancamiento

Es el elemento que mantiene en su posición la empaquetadura alrededor de cada vástago de las paletas.

4.16 Torcha

Fenómeno hidráulico que se presenta a la salida del rodete, cuando opera a potencias diferentes a la de diseño, en forma de flujo helicoidal, asimétrico e inestable, alcanza una velocidad cuya intensidad varía en forma directamente proporcional a la diferencia entre la potencia generada y la de diseño.

4.17 SCAAD

Sistema de Control, Automatización y Adquisición de Datos.

5 CARACTERÍSTICAS Y CONDICIONES GENERALES

5.1 Condiciones generales

a) El proveedor es responsable de las piezas que requieren maquinado en el sitio.

b) Los equipos e instrumentos de medición deben estar graduados de acuerdo al Sistema Internacional de Unidades, como lo establece la norma NOM-008-SCFI.

c) Los equipos suministrados deben operar satisfactoriamente dentro y fuera de la casa de máquinas, considerando las condiciones de temperatura y humedad relativa, que se indican en las **Características Particulares**.

d) El proveedor debe informar acerca de los requerimientos de agua de enfriamiento de los equipos que suministra, para integrarlos a la especificación CFE 017PH-12, principalmente los volúmenes de agua, presiones y temperaturas requeridas a la entrada y a la salida. El proveedor de la turbina, se debe coordinar con el proveedor del sistema de agua de enfriamiento, de tal forma que éste último, diseñe dicho sistema en apego a los requerimientos de la turbina hidráulica.

e) En el cálculo de todos los componentes electromecánicos que pueden vibrar, por causa de sismo, o aún los que estén empotrados en concreto, se debe considerar el coeficiente sísmico anotado en las **Características Particulares**.

f) Las instalaciones eléctricas que se requieran para el funcionamiento de la turbina se deben apegar a la norma NOM-001-SEDE.

5.2 Equipo y Servicios Requeridos

Al proveedor de la(s) turbina(s) y equipos auxiliares, le corresponde diseñarlos y fabricarlos, suministrar los materiales necesarios para su fabricación, realizar pruebas en fábrica y en sitio, aplicar los recubrimientos anticorrosivos y la pintura de acabado, efectuar el embalaje y el transporte, instalar y montar el equipo en el sitio, realizar la puesta en servicio e interconectar los sistemas de control con el SCAAD, por medio del bus de datos, suministrar el equipo y materiales para la instalación eléctrica completa**,** entregarla información técnica necesaria que contenga los criterios de diseño, memorias de cálculo, planos generales y de detalle, isométricos, listas de materiales, diagramas de alambrado eléctrico unifilares y trifilares y de control, planos indicando todos los detalles de construcción y manuales para instalación, operación y mantenimiento, así como informes de las pruebas realizadas a todos los equipos instalados.

A continuación se enumeran las partes, que a criterio de la CFE, constituyen la turbina Kaplan y equipos auxiliares que se requieren para accionar adecuadamente al generador eléctrico seleccionado.

5.2.1 Turbina

a) Con los siguientes accesorios:

- carcasas espiral o semiespiral,
- antedistribuidor y distribuidor,
- mecanismos de regulación, servomotores y anillo de regulación,
- paletas directrices,
- cojinetes de las paletas directrices,
- rodete,
- anillo soporte inferior,
- anillo de descarga,

- tubo de aspiración,
- cabezal hidráulico,
- flecha,
- estopero de la flecha,
- tapa superior,
- chumacera guía,
- soporte de la chumacera combinada de carga-guía,
- sistema de aireación,
- sistema de achique de la tapa superior,
- preparaciones para conectarse al sistema de agua de enfriamiento.

b) Grúa puente circular.

c) Forro metálico para el foso de la turbina.

d) Equipo y materiales eléctricos.

e) Instrumentación para control, medición y protección.

f) Sistema de drenaje y achique.

g) Equipo de ventilación.

h) Tuberías, válvulas y accesorios.

i) Recubrimientos anticorrosivos y acabados.

j) Servicios de montaje y puesta en servicio.

k) Suministro sujeto a ser confirmado en las **Características Particulares**.

- preparaciones para el monitoreo de vibraciones,
- preparaciones para la operación como condensador síncrono.

5.3 Condiciones de diseño

Se consideran los principales componentes que se muestran en la figura 1 y las mejores características actuales de diseño, fabricación y materiales adecuados, que rindan la mayor eficiencia de acuerdo a las condiciones particulares de la central.

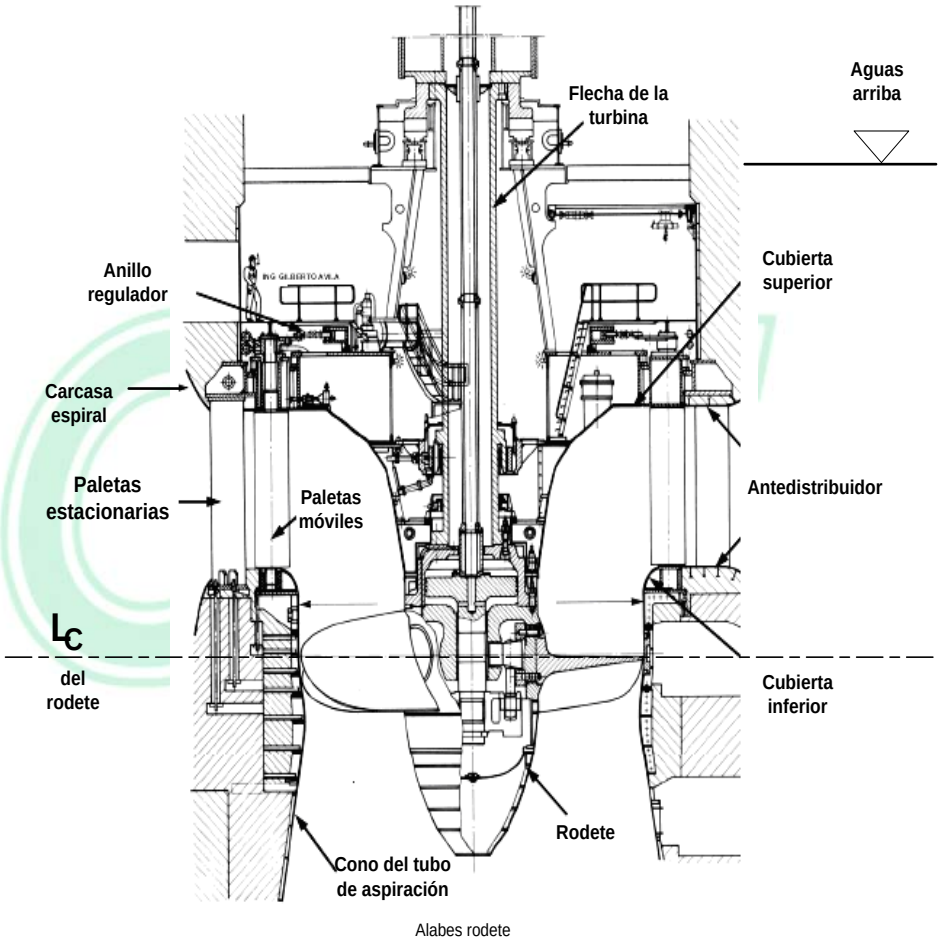

FIGURA 1 - Turbina tipo Kaplan de eje vertical

Las partes que la integran deben cumplir con las siguientes características:

5.3.1 Anillo de descarga

El anillo de descarga, que se ubica en la parte superior del tubo de aspiración, debe estar adecuadamente nervado y maquinado, para su ensamble en el sitio, unido en su extremo superior mediante una brida, con el anillo soporte inferior de la turbina; en su extremo inferior se debe soldar con el recubrimiento metálico del tubo de aspiración, previéndose en caso necesario, cuñas de acero inoxidable para el montaje, ajuste y nivelación. Las uniones en sus dos extremos, deben ser totalmente herméticas. Se debe fabricar con acero inoxidable tipo 304, con espesor mínimo de 25 mm y altura adecuada a los requerimientos en campo, conforme al diseño del fabricante.

Debe ser fabricado en secciones, para facilitar su transporte y montaje. La superficie interna del anillo de descarga, (lado agua), debe ser maquinada con exactitud, para proveer intersticios no mayores a 2.5 mm, debe ser maquinado cilíndrica y esféricamente con respecto a la línea de centro del rodete, para ajustar los álabes en la posición que se requiera.

5.3.2 Tubo de aspiración

Éste debe ser de placa de acero rolado, soldado, reforzado con costillas, atiesadores y ser embebido en concreto.

El recubrimiento metálico debe ser suministrado hasta donde la velocidad del agua sea inferior a 5 m/s, con el gasto nominal. Debe contar con las conexiones, preparaciones y accesorios necesarios para realizar la medición de fluctuaciones de presión.

El perfil del tubo de aspiración debe ser diseñado para obtener la máxima eficiencia de la turbina y se debe dividir en secciones convenientes, de acuerdo a las limitaciones del transporte.

El tubo de aspiración debe ser diseñado rígidamente para resistir todas las posibles variaciones de presión o pulsaciones en condiciones tanto de operación normal, como extraordinarias. Las superficies exteriores del tubo, (lado concreto), deben ser reforzadas con suficientes costillas y con anclas soldadas, para lograr una firme adherencia al concreto que las rodea.

Se deben suministrar los apoyos necesarios para su correcta instalación y ensamble, así como los ganchos necesarios para su suspensión, asimismo suficiente número de tornillos niveladores o gatos y anclas con tensores para centrar, nivelar y alinear en posición correcta, tanto lateral como verticalmente durante el ensamble y en los colados de concreto.

En la parte baja del tubo de aspiración y en las costillas de refuerzo, deben existir barrenos, para la inyección del concreto, y para eliminar el aire atrapado durante el colado final, pero que deben ser obturados posteriormente por lo que el proveedor debe suministrar los tapones necesarios, para sellar dichos barrenos. El número de éstos, sus dimensiones y localización, se deben indicar en los planos del proveedor.

Se deben incluir atiesadores concéntricos, para evitar deformaciones del tubo durante los colados y maniobras. En caso de contar con pila intermedia, la nariz de esta pila se debe proteger con una cubierta de acero, la cual debe estar provista en su interior, de suficientes anclas para lograr un agarre firme al relleno de concreto.

Para las secciones que deban ser soldadas en campo, se deben suministrar, la soldadura y los equipos necesarios, así como los procedimientos de soldadura y montaje, los cuales deben ser entregados a la CFE, para ser aprobado.

Para realizar el vaciado del tubo de aspiración, se deben instalar dos registros con rejillas metálicas para drenaje, uno en el fondo y otro en un costado; éste último a una altura no mayor de un metro. Éstos deben ser interconectados con tubería para descargar a la galería de drenaje y de aquí al cárcamo de bombeo del sistema de desagüe y achique de la central.

Debe contar con dos dispositivos de apertura y cierre, por medio de válvulas de compuerta con interiores, vástago y disco de acero inoxidable, accionadas por medio de un reductor de engranes y volante manual, colocados en un pedestal ubicados en un nivel superior al nivel del cárcamo antes mencionado. Este sistema de drenaje, debe contar con una malla metálica que evite el paso de materiales que puedan causar obstrucción o problemas a los elementos de sello de las válvulas.

Se deben incluir las tuberías y accesorios necesarios para su interconexión, el espesor mínimo de la tubería, debe ser cédula 40, el diámetro se debe calcular para cumplir con el tiempo de vaciado de la unidad, como se describe en la norma de referencia NRF-077-CFE

En la parte superior del tubo de aspiración, se debe instalar una escotilla o registro de inspección de forma rectangular con esquinas redondeadas, con dimensiones tales que permitan el montaje de una plataforma, para llevar a cabo las maniobras de inspección y mantenimiento del rodete, con puerta articulada por bisagras, y que preferentemente abra hacia afuera, provista con manija que permita su accionamiento, tornillos de acero y sellos que garanticen el cierre hermético. Los tornillos utilizados en esta puerta deben resistir todas las condiciones de operación de la turbina, al igual que las bisagras cuyo diseño debe permitir que la puerta sea atornillada, sin que se sometan a esfuerzo a las bisagras. La superficie interna de la puerta debe tener un acabado liso y el marco se debe reforzar, para compensar el debilitamiento que resulta de quitar material para abrir este registro. El material de las bisagras debe ser resistente a la corrosión y de diseño rígido.

Para el montaje, inspección y futuras reparaciones del rodete, se deben suministrar una o más plataformas fabricadas con material ligero, como aluminio o acero estructural reticular, que resistan las condiciones de carga y de trabajo, de fácil montaje y desmontaje. Para la instalación de estas plataformas en el tubo de aspiración, se deben prever los apoyos, barrenos y soportes necesarios.

Las plataformas ya instaladas no deben obstruir el cierre del registro de hombre; el número requerido de las mismas, se indica en las **Características Particulares**.

Para detectar el nivel de agua en el tubo de aspiración, se debe instalar cerca del registro de inspección, una válvula de prueba tipo macho.

Para prevenir los daños causados por vórtices de vacío, se debe suministrar un sistema de admisión de aire atmosférico. Con la propuesta, el licitante debe enviar un dibujo que muestre con claridad, el tipo de aireación que propone. La CFE considera que la aireación está sujeta a la calidad del diseño, por lo cual se reserva el derecho de valorar, a partir de la comparación de las propuestas, el costo más razonable de las soluciones recibidas.

No se aceptan sistemas de aireación, a base de tubos independientes en la parte inferior de la turbina.

A una altura adecuada del tubo de aspiración, se debe instalar una boquilla con brida, para conectar una tubería que permita descargar el agua de enfriamiento de la turbina y del generador, directamente al desfogue.

Para medir la fluctuación de presión, dentro del tubo de aspiración, se deben instalar dos transductores de presión a un nivel cercano al rodete y otros dos más delante de la descarga del mismo, los cuales deben transmitir la medición a los indicadores de presión, localizados en el tablero local de la turbina, la escala de los manómetros debe estar graduada en kPa y la tubería de conexión, debe contar con válvulas de cierre y válvula de escape de aire.

Las tomas por pares, se deben ubicar a la misma elevación, pero diametralmente opuestas y se deben conectar con tuberías y llevarse hasta el piso de turbinas, donde se debe contar con un cabezal común para instalar los instrumentos de medición de ambas terminales, con su correspondiente válvula de cierre y tapón roscado, así como una válvula para purga de aire. De todas las tomas se obtendrán señales, las cuales se envían a través de transductores de presión, al tablero local de la turbina, y al SCAAD.

Son parte del suministro del proveedor los transductores, tuberías, accesorios, válvulas de cierre y manómetros; las conexiones roscadas deben ser de acero inoxidable.

El objeto de tener mediciones de presión en el tubo de aspiración, es que la CFE requiere medir las amplitudes y las frecuencias de las pulsaciones de presión, dentro de todo el campo de operación de las máquinas, (véanse las figuras 2 y 3 correspondientes a puntos de medición para pruebas del modelo y del prototipo, de acuerdo a lo establecido a la IEC 60994.

TURBINA KAPLAN EJE VERTICAL

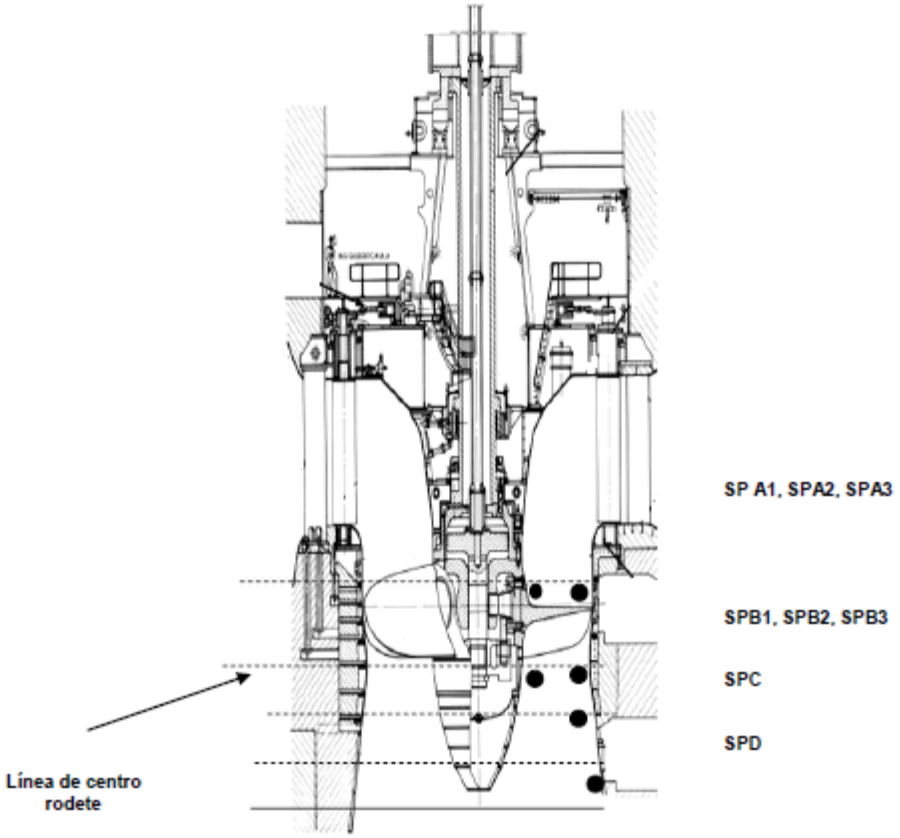

FIGURA 2- Posición de los sensores en el modelo

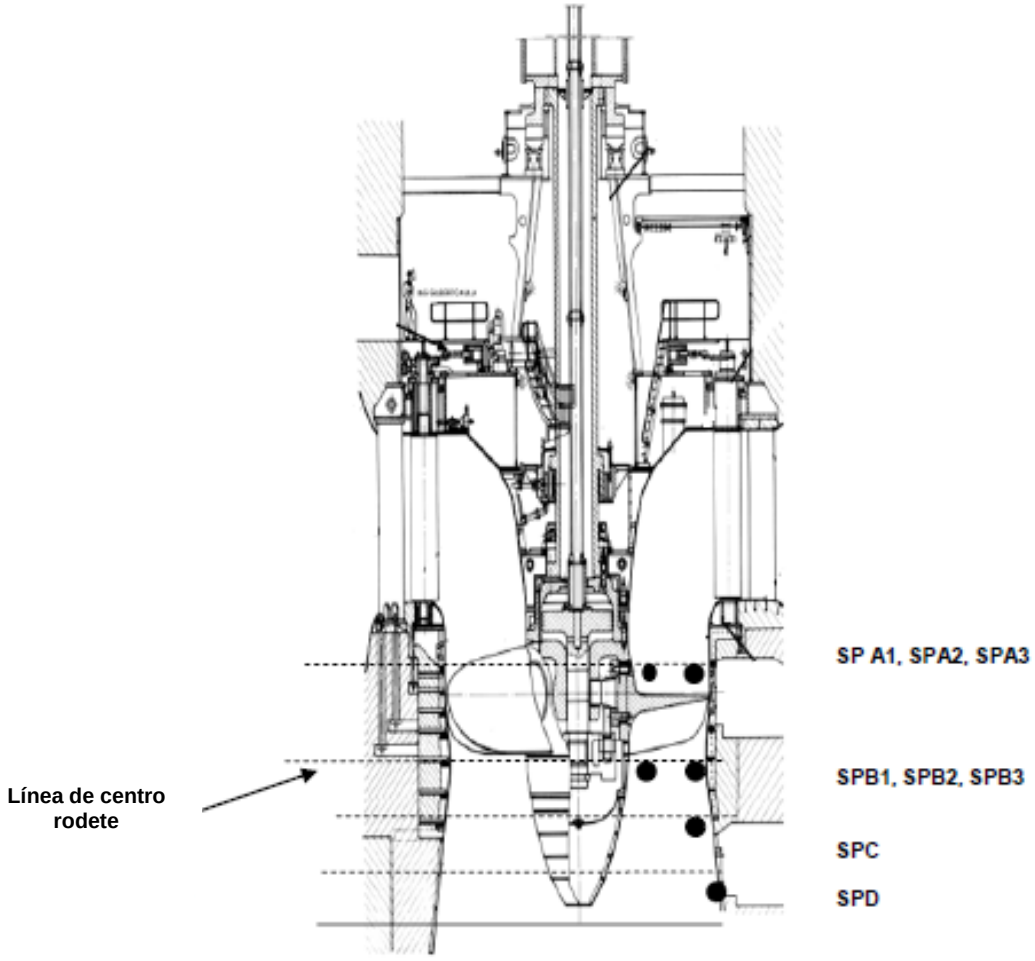

FIGURA 3- Posición de los sensores en el prototipo

5.3.3 Carcasas

5.3.3.1 Carcasa semiespiral

Ésta debe ser construida de concreto, para lo cual el proveedor debe entregar el diseño geométrico completo para el tramo indicado en la figura B.3 (Apéndice B de esta especificación).

En el tramo recto de la carcasa espiral, se deben instalar 4 (cuatro) tomas para la medición de presión. Dichas tomas se deben localizar en forma equidistante y a 90° con respecto al eje vertical, como lo establece la norma IEC 60041.

Las tomas se deben conectar mediante tubería y accesorios de acero inoxidable, hasta un lugar adecuado en donde se unan a un cabezal común, el cual debe contar con válvula de cierre y purga de aire para evaluación del rendimiento.

Adicionalmente se debe instalar una toma para medición de presión en la entrada de la carcasa, cuyas señales se deben llevar hasta el tablero local de la turbina, al tablero del actuador y al SCAAD, a través de transductores de presión.

Se deben habilitar 4 (cuatro) tomas en la carcasa, para la medición del flujo de agua, para usar el sistema de “Winter Kennedy”. La medición de flujo con indicación permanente incluyendo totalizador, se debe llevar hasta el tablero local de la turbina y al SCAAD. El proveedor debe suministrar toda la tubería, accesorios, soportería, válvulas, equipos de medición y dispositivos necesarios, para la medición de las fluctuaciones de presión y del gasto.

Se deben ubicar los puntos más bajos de la carcasa y derivar de éstos una toma con su respectiva válvula de seccionamiento. La referida toma se requiere para el drenaje de la carcasa semiespiral y debe ser dirigida hacia el cárcamo de bombeo, tal como se establece en la norma NRF-077-CFE. El diámetro de esta tubería se debe determinar de manera conjunta entre el proveedor de la turbina y el del sistema de desagüe y achique, de tal forma que se cumplan las condiciones de diseño establecidas por CFE en la NRF-077-CFE

La carcasa semiespiral, debe contar con un registro de hombre, fabricado con placa de acero estructural, soldado.

Debe ser reforzado con costillas y refuerzos. Los materiales con que se fabrica deben ser resistentes a la corrosión, y de diseño rígido para permitir su conexión atornillada, con puerta articulada, provista con manija que permita su accionamiento, tornillos de acero y sellos que garanticen el cierre hermético, que abra hacia fuera y que resista la presión interna a que se someta la carcasa. La superficie interna de la puerta debe tener un acabado liso y el marco se debe reforzar, para compensar el debilitamiento que resulta de quitar material para abrir este registro. El metal de las articulaciones debe ser resistente a la corrosión y de diseño rígido. Los tornillos que estén en contacto con el agua deben ser de acero inoxidable.

El acceso al registro de hombre, se podrá realizar por el perímetro exterior o interior de la carcasa semiespiral. En caso de realizarse por el perímetro interior de la carcasa semiespiral, el acceso a dicho registro, debe ser común para el acceso al registro de hombre del tubo de aspiración.

5.3.3.2 Carcasa espiral

La carcasa debe ser fabricada con placa de acero soldado, según referencia [8] del capítulo 12 de esta especificación. La carcasa debe ser dividida en el menor número posible de secciones, tomando en consideración las condiciones y limitaciones del transporte. El proveedor debe proporcionar todos los pernos de conexión, sellos, tuercas, arandelas y herramientas especiales necesarias, para su ensamble.

Cada sección de la carcasa debe estar completamente soldada en fábrica, dando la forma y dimensiones establecidas por el diseño, efectuando a continuación una inspección radiográfica al 100 %. Después de soldarse cada una de las secciones de la carcasa, las tensiones residuales deben ser relevadas y entonces llevarse a cabo la inspección radiográfica, de acuerdo a lo indicado en la referencia [3] del capítulo 12 de esta especificación. El proveedor debe ensamblar el equipo en fábrica, soldando el máximo número de piezas de la carcasa. Los procedimientos de soldadura se deben basar en lo establecido en la referencia [5] y en las especificaciones CFE DY700-08 y CFE DY700-16.

El proveedor debe suministrar toda la soldadura necesaria para soldar las secciones de la carcasa y del antedistribuidor, que se deban unir en el sitio.

En caso de que se produzcan deformaciones que excedan las tolerancias de fabricación en las bridas de la carcasa, debido a cualquier motivo, por ejemplo, efectos del transporte, calentamiento por soldadura o por algún otro proceso, el proveedor debe suministrar, sin costo adicional para la CFE, la(s) máquinas-herramientas necesarias y adecuadas para corregir dichas deformaciones, efectuando el maquinado correspondiente, ya sea en el sitio o en algún taller. La CFE no acepta que el maquinado se haga en forma manual.

Después de ensamblar la carcasa y antes del encajonamiento en el concreto, la carcasa debe ser probada hidrostáticamente durante una hora, a una presión de 1.3 veces, la presión de trabajo, para lo cual el proveedor debe

proporcionar las tapas y anillos necesarios e incluir en el precio, desde que presenta su propuesta, el alquiler y transporte del equipo necesario para realizar esta prueba. El proveedor debe tener en cuenta que la tapa utilizada para esta prueba, se debe ubicar dentro de la casa de máquinas y que la carcasa se debe mantener llena de agua por un periodo de 48 h, a partir de que se haga el vaciado de concreto a su alrededor y a la presión que se estipule en las **Características Particulares.** Para esta prueba, a la carcasa se debe dotar de los soportes, tensores y gatos necesarios para resistir las deformaciones que puedan ocurrir, ya sea por la misma prueba, por el vaciado de concreto o para realizar algún ajuste.

Cada sección de la carcasa debe estar provista con asientos de cimentación y ganchos para izarla y otras maniobras de montaje. El número y características de estos asientos y ganchos, deben ser descritos en los planos sujetos a aprobación.

Para la inspección interna de la carcasa, se requiere de un registro de hombre, fabricado con placa de acero estructural, soldado. Debe ser reforzado con costillas y refuerzos. Los materiales con que se fabrica deben ser resistentes a la corrosión, y de diseño rígido, para permitir su conexión atornillada. Con puerta articulada por bisagras, y que abra hacia adentro, para que el cierre se haga en la dirección del flujo del agua, la puerta debe estar provista con manija que permita su accionamiento, tornillos de acero y sellos que garanticen el cierre hermético y que resista la presión interna a que se someta la carcasa. La superficie interna de la puerta debe tener un acabado liso y el marco se debe reforzar, para compensar el debilitamiento que resulta de quitar material para abrir este registro. El material de las bisagras debe ser resistente a la corrosión y de diseño rígido.

Los asientos y cuellos para la conexión de las tuberías que se mencionan en la tabla 1, se deben instalar en la carcasa y su localización se debe indicar en los planos que se presenten para aprobación.

TABLA 1- Características de asientos y cuellos

Para la tubería de drenaje de la carcasa espiral	Un asiento con diámetro interior de 200 mm como mínimo
Para las tuberías de medición del flujo	Cuatro cuellos soldables de acero inoxidable con diámetro interior de 6 mm.
Para la medición de la presión de agua	Cuatro cuellos soldables de acero inoxidable con diámetro interior de 6 mm.

Para detectar el nivel de agua en la carcasa se debe instalar, próxima al registro, una válvula de prueba tipo macho. También se requiere, en la carcasa, un sistema para medición del flujo de agua, con indicación permanente, señal que se debe basar en la caída de presión que ocurre en la propia carcasa, por lo que se deben efectuar las instalaciones necesarias para captar estas señales y enviarlas al tablero local de la turbina. Para su transporte se deben tomar las providencias necesarias para evitar que alguna de las piezas se dañe.

5.3.4 Antedistribuidor

El material propuesto para su fabricación, es acero al carbón, de acuerdo a la referencia [8] del capítulo 12 de esta especificación. Debe ser del tipo anular, con anillos de refuerzo en los extremos superior e inferior, sujetos por las paletas fijas, cuando la chumacera de carga es soportada por la tapa superior. Se debe manufacturar con placas soldadas, con un control de calidad al 100 %, mediante pruebas no destructivas de rayos X o ultrasonido.

El proveedor puede proponer otros arreglos de acuerdo a su experiencia, lo que queda sujeto a la aprobación de la CFE. Debe ser dividido en secciones, tomando en consideración las limitaciones del transporte, por lo que debe ser soldado en el sitio. Las bridas de cada sección deben estar provistas con conectores, tuercas, las herramientas necesarias, arandelas y sellos, así como refuerzos o costillas soporte. Debe contar con anclas para soportar y transmitir las cargas antes mencionadas, el diseño debe considerar una distribución y número convenientes de apoyos, para asegurar la fijación de este elemento a la cimentación y a la raíz de la carcasa. Las anclas deben ser diseñadas para soportar la máxima presión en los pasajes de agua, para las dos condiciones siguientes:

Paletas reguladoras abiertas y cerradas con la carga hidráulica máxima.

Se deben tener barrenos de no menos de 15 mm de diámetro para la inyección, y de 25 mm de diámetro mínimo para la expulsión del aire atrapado en el anillo de refuerzo inferior, para facilitar el colado del concreto, los cuales deben ser sellados posteriormente al colado.

Debe ser diseñado para soportar las masas de las partes superpuestas, así como las de las partes rotatorias, el empuje hidráulico y la masa del concreto superpuesto con la carcasa espiral vacía y sin la ayuda del recubrimiento del foso de la turbina. Debe ser resistente a los esfuerzos producidos por la máxima presión hidráulica interna, sin masas sobre puestas. En todos los casos se deben evitar deformaciones permanentes y vibraciones perjudiciales.

Su diseño debe permitir guiar el agua en forma uniforme hacia las paletasdel distribuidor, con un perfil tal, que reduzca a un mínimo las pérdidas en la conducción y se debe considerar que se puedan transmitir y soportar todas las cargas propias del grupo turbina-generador, las fluctuaciones de presión, las fuerzas dinámicas esperadas y las extraordinarias, así como las causadas por sismo o por calentamiento.

Los anillos de refuerzo, superior e inferior, deben ser diseñados para transmitir las cargas a través de los álabes fijos al concreto, con presiones de aplastamiento que no excedan los 5 000 kPa y deben ser radiales a la dirección del flujo.

Las partes soldadas entre las paletas fijas y los anillos superior e inferior, se deben someter a inspección, utilizando el método de partículas magnéticas al 100 % como lo establece la referencia [3], del capítulo 12 de esta especificación.

5.3.5 Distribuidor

Éste debe ser diseñando y fabricado para soportar las masas superpuestas, las partes giratorias y el empuje hidráulico. El material propuesto para la fabricación de las paletas, es acero inoxidable martensítico, (13 % cromo, 3.8 % níquel) de acuerdo a la referencia [11] del capítulo 12. Si el licitante propone otro material, éste debe ser igual o mejor que el mencionado.

Las paletas deben ser accionadas por servomotores. El anillo del distribuidor debe ser de acero soldado y seccionado en partes, bridado, con barrenos para su ensamble entre los anillos aguas arriba y el de descarga. El anillo saliente de las paletas debe contar con bujes removibles y auto-lubricados.

Dentro de los mecanismos de accionamiento de las paletas, se debe contar con pernos de ruptura y su diseño debe ser tendiente al cierre.

El proveedor debe garantizar que las paletas del distribuidor, no sufran daños como pueden ser el agrietamiento, o la formación de hendiduras, debido al fenómeno de resonancia de las frecuencias de excitación por vórtices de Karman, además de picaduras o cualquier otro defecto causado por cavitación.

El proveedor debe recurrir a herramientas de simulación de flujo, denominada dinámica de flujo por medios computacionales (Computational Flow Dynamics, CFD). Este estudio debe incluir el flujo desde la obra de toma hasta el desfogue. Los resultados de este estudio deben ser entregados a la CFE.

5.3.6 Rodete

El cubo del rodete se debe fabricar de una sola pieza fundida, de acero inoxidable que cumpla con la referencia [11], capítulo 12 de esta especificación, con álabes móviles, unidos al cubo mediante muñones. El cono de descarga debe ser de placa de acero rolado.

Todas sus superficies deben ser pulidas a un acabado fino N7 (1,6 Ra), para evitar daños por cavitación o erosión, en caso de presentarse éstos.

El cubo del rodete debe estar provisto de una placa o cono de extensión, del mismo material de que está fabricado el cubo, extensión que debe canalizar el agua a la salida del rodete y sostener a ambos, flecha y rodete, mientras se

ensamblan o cuando se les da mantenimiento, para lo que se debe utilizar un soporte estructural. Los pernos y tuercas utilizados en la unión de cubo y cono, deben ser resistentes a la corrosión.

Cada uno de los álabes debe estar provisto de cojinetes autolubricados y arandelas de empuje para los muñones, los que a su vez, deben contar con camisas de acero inoxidable renovables.

La zona entre el cubo y los álabes, debe ser maquinada esféricamente en forma de barril, para reducir posibles fugas entre el muñón de los álabes y el cubo en todas sus posiciones.

Se debe evitar cualquier irregularidad que permita la erosión.

El cubo debe ser diseñado para contener aceite de lubricación de los cojinetes.

Los sellos deben ser diseñados para evitar la infiltración de agua dentro del cubo y contar con un drenaje para desalojar el aceite contaminado, para lo cual se requiere un tapón removible en la flecha de la turbina, arriba de la chumacera guía de la turbina, en un punto accesible y adecuado para drenar dicho aceite. Se debe prever una conexión rápida para reemplazar el aceite lubricante del cubo. El proveedor de la turbina, debe proporcionar un sistema de drenaje para el cubo del rodete, para evaluación de la CFE. Este sistema de drenaje debe incluir: las tuberías y válvulas, de tal forma que el aceite se pueda retirar del cubo. La operación de drenado, se debe realizar durante los trabajos de mantenimiento y se debe contar con las preparaciones para el mantenimiento.

Los sellos alrededor de los muñones deben ser de tipo laberinto, de tal manera que se puedan ajustar y reemplazar, sin desmontar el cubo y los álabes, evitando el máximo las filtraciones de agua hacia el cubo.

Los álabes del rodete deben ser diseñados y construidos para soportar con seguridad los esfuerzos debidos a la operación a la máxima velocidad de desboque, bajo condiciones de carga máxima, con las paletas reguladores del distribuidor, en posición de máxima apertura y sin carga o excitación en el generador, excepto la fricción y oposición del aire.

Para minimizar la concentración de esfuerzos en los bordes de los álabes del rodete, éstos deben tener radios de curvatura ligeros. Los bordes de estos álabes a la salida del flujo, deben tener el perfil adecuado para evitar vibraciones y cavitación.

La forma de estos álabes, debe ser verificada utilizando no menos de dos plantillas para cada una de las caras, superior e inferior, las cuales deben ser proporcionadas por el proveedor. Las plantillas se deben diseñar conforme al modelo y montarse en una estructura rígida de acero.

El perfil de los álabes del rodete debe ser diseñado para obtener los mejores resultados posibles, en cuanto a eficiencia y a reducir la cavitación. El proveedor debe garantizar que la cavitación no exceda lo indicado en la norma IEC 60609-1, en todas las condiciones de operación de la turbina.

Los álabes se deben diseñar con tendencia a la apertura, para cualquier posición de operación, éstos deben operar en coordinación con las paletas reguladores del distribuidor. En caso de que se pierda el control hidráulico del sistema de regulación de velocidad, los álabes del rodete deben operar de tal forma que se evite el cierre repentino de éstos y con ello evitar que se produzca un empuje axial excesivo que perjudique a la chumacera de carga.

El acoplamiento entre el rodete y la flecha debe ser bridado. El licitante debe informar en su propuesta, si el par se transmite por esfuerzo cortante, o por fricción. En el caso que sea por esfuerzo cortante, el diseño de la brida debe cumplir con la referencia [14] del capítulo 12 de esta especificación.

El ajuste de los álabes al cubo, se debe llevar a cabo con exactitud, para asegurar las holguras y el ángulo de los álabes requeridos por el diseño del modelo.

El método de acoplamiento del rodete a la flecha, debe estar claramente descrito en los dibujos y en la propuesta del licitante. Cualquier equipo necesario o conveniente para fijar el rodete a la flecha o separarla de la misma, debe ser suministrado por el proveedor.

El proveedor es responsable de realizar todas las pruebas no destructivas a las fundiciones y también de la reparación de todos los defectos, lo cual debe ocurrir, antes de que las fundiciones reciban el tratamiento térmico final. Se debe poner especial atención, al acabado de los álabes, particularmente en las zonas de entrada y salida de las superficies posteriores, las cuales deben estar libres de depresiones y marcas.

5.3.7 Mecanismo de regulación de los álabes

Los álabes del rodete deben ser operados por el servomotor y el regulador de velocidad.

El servomotor debe ser capaz de mover los álabes del rodete para apertura o cierre, en el mismo tiempo que requieren las paletas del distribuidor, con la caída neta de operación.

En caso de una baja presión del sistema de regulación, los álabes del rodete deben tener tendencia a la apertura y debe operar una alarma en el sistema de control, de tal forma que se mande el cierre total del distribuidor. Con lo cual se evita una sobrepresión en los álabes del rodete que produzca un aumento súbito del empuje hidráulico de consecuencias catastróficas.

Se debe suministrar un mecanismo de seguridad tal, que evite que los álabes del rodete, en el momento en que se despresuriza el sistema, se puedan abrir, para garantizar que las maniobras de mantenimiento se puedan efectuar con absoluta seguridad.

Para la operación de los álabes (doble regulación), se debe contar con un sistema individual por unidad para su regulación, del tipo electrohidráulico con respuesta PID, (proporcional, integral y derivativo), el cual debe contar como mínimo de lo siguiente:

a) Gabinete electrónico.

b) Sistema de potencia electro-hidráulico.

c) Paletas guía.

d) Paletas del distribuidor.

e) Servomotores.

f) Sistema de lubricación y presión de aceite.

g) Sistema de tuberías, bombas, válvulas y accesorios.

h) Sistema de enfriamiento de aceite.

i) Sistema de aire comprimido.

El equipo debe ser diseñado y construido de acuerdo a lo establecido en la especificación CFE GA4L0-54.

Los mecanismos para el accionamiento de los álabes y demás elementos, deben ser alojados dentro del cubo, en donde se debe mantener una presión interna, mayor a la presión que ejerce el agua exterior. Todos estos elementos deben ser fácilmente desmontables y permitir un fácil acceso para su mantenimiento. El proveedor debe suministrar las plantillas “templates”, para efectuar eventuales reparaciones de los álabes, ya sea por desgaste o por problemas causados por la erosión debida a la cavitación.

5.3.8 Cabezal hidráulico

El cabezal hidráulico y los tubos distribuidores que lo conectan con el servomotor de los álabes, deben ser diseñados en función del empuje balanceado.

Los tubos de interconexión, entre la válvula de control del regulador de velocidad, el distribuidor y el servomotor de los álabes, deben ser de acero sin costura, con juntas, bridas y conexiones roscadas paralelas, especialmente diseñadas para la conexión en la flecha.

El sello del distribuidor de aceite, debe ser equipado con detectores de temperatura y un relevador de doble contacto, que opere cuando alcance la temperatura que se establezca como límite. El sello del distribuidor debe ser preferentemente de teflón trenzado.

El distribuidor de aceite, para tener la posibilidad de detectar las fugas y en caso de fallas del sello, mandar cierre de emergencia, por lo que se debe suministrar con los siguientes elementos:

a) Colector de fugas de aceite con medidor de carátula.

b) Drenes del colector de fugas de aceite, al colector del regulador de velocidad.

c) Flotador de nivel, con dos pares de contactos ajustables de 250 V c.d. (o la tensión que se señale en las **Características Particulares**), para operar alarma y paro por falla de sello.

Para facilitar la inspección y el mantenimiento, se debe asegurar un arreglo compacto del distribuidor de aceite y de los tubos.

El distribuidor de aceite completo, así como las reservas de aceite del cubo, el indicador de aceite, la conexión de llenado y la de drenaje al tanque del regulador de velocidad, deben ser montados arriba del generador, junto con los tubos de interconexión entre el regulador de velocidad y el distribuidor.

5.3.8.1 Características del aceite

El aceite utilizado debe cumplir con las normas aplicables, para lo cual se debe consultar la especificación CFE D2100-18. Se debe utilizar el mismo tipo de aceite para la lubricación y para la regulación de la velocidad. El proveedor debe suministrar la primera carga, y un 10 % adicional al requerido para llenar los depósitos de los equipos.

La temperatura del aceite no debe exceder los 60 °C, para evitar que pierda sus características lubricantes, lo cual depende del tipo y calidad del aceite.

5.3.8.2 Sistema para purificación del aceite

El área usuaria lo indica en las **Características Particulares**.

El sistema de purificación de aceite, debe contar con un equipo móvil que permita realizar el centrifugado y la limpieza de los aceites de lubricación y de regulación, periódicamente, por lo que se deben prever conexiones convenientemente ubicadas, para su fácil acceso y maniobra. Asimismo, se deben incluir todas las tuberías, válvulas y accesorios necesarios y adecuados a las capacidades particulares de cada unidad generadora y de acuerdo con la especificación CFE 051PU-27. Este sistema de purificación del aceite se debe utilizar para la limpieza del aceite de todas las chumaceras (guía turbina, carga-guíay guía del generador), así como el aceite del sistema de regulación. El proveedor debe diseñarlo o seleccionarlo con una capacidad tal que, la limpieza del aceite se efectúe en el menor tiempo posible. El proveedor debe proponer para revisión y análisis de la CFE, la capacidad y tiempo de limpieza del aceite. El proveedor de la turbina, se debe coordinar con los proveedores del generador, chumaceras y regulador de velocidad.

5.3.9 Tapa

La tapa superior de la turbina debe ser seccionada radialmente en dos o tres secciones anulares para facilitar el embarque y el manejo, permitiendo la instalación de las secciones interiores y de la turbina sin interferir con las secciones externas, ni con las paletas reguladoras. La tapa debe ser de construcción rígida adecuadamente reforzada para prevenir fallas de las paletas reguladoras, con la tapa superior, o con el anillo inferior y consolidando los vástagos de las paletas reguladoras. Las secciones de la tapa deben estar bridadas para acoplarse junto con las partes adyacentes de la turbina y se deben suministrar con dispositivos adecuados de izaje y manejo.

La tapa exterior debe ser fabricada con placa de acero que cumpla con la referencia [8] del capítulo 12 de esta especificación y con capacidad para soportar a la chumacera de carga. La interna debe ser de placa de acero que también cumpla con la referencia [8]o de acero fundido, provista de un anaquel circular alrededor del sello de la flecha, de tal manera que se puedan ajustar o reemplazar los anillos del mencionado sello, para lo cual se requiere de un "registro de hombre" que permita el paso para efectuar las maniobras mencionadas.

Se requiere que abajo del sello, se coloque un anillo que evite las fugas por la flecha, cuando se reparen los anillos de sello, contar con orificios de desagüe, con tapones, que permitan drenar debidamente, el agua contenida en la tapa interna, lámparas a prueba de agua, escaleras y láminas antiderrapantes para el piso, desde donde se efectúen la inspección y el mantenimiento de equipos como chumaceras, sellos y bombas.

Se deben suministrar válvulas de aire o rompedoras de vacío, que actúen como dispositivos de aireación y de retención, para evitar el contraflujo. Éstas deben ser accionadas por el mecanismo de operación de las paletas reguladoras, para la admisión de aire por las aperturas de la tapa, a los pasajes de agua y al tubo de aspiración, para aliviar el vacío excesivo creado cuando se presentan rechazos súbitos de carga y para permitir una operación suave de la unidad generadora.

La apertura de las válvulas debe ser ajustable.

Se deben suministrar válvulas de cierre manual, colocadas debajo de cada válvula de aire, de tal manera que se puedan hacer reparaciones, sin tener que sacar de servicio a la unidad. Corresponde al proveedor, suministrar toda la tubería de aire dentro de la turbina, y hasta el muro del foso de la misma.

Se deben suministrar dos bombas autocebantes, con capacidad para manejar todo el líquido acumulado por fugas consideradas como "normales" y sin exceder el 75 % de su capacidad, operadas por motores de corriente alterna, que operen automáticamente para drenar las fugas acumuladas en la tapa, deben ser del tipo encapsulado y con aislamiento especialmente tratado, para resistir la humedad e instalados en un lugar accesible para fines de inspección y mantenimiento. Se deben suministrar interruptores de flotador ajustables para arranque y paro de las bombas, así como para operar el sistema de alarma de control remoto.

En la parte expuesta al flujo de agua, se debe instalar una placa de desgaste de acero inoxidable tipo 410, de acuerdo a lo establecido en la referencia [7] del capítulo 12 de esta especificación, la placa debe ir atornillada con una amplitud tal que corresponda a la posición de las paletas reguladoras totalmente abiertas y que permita una continuidad de este material, a lo largo de todo el curso del agua.

Esta placa debe estar formada por secciones que puedan cambiarse fácilmente, sin que sea necesario desmontar las paletas reguladoras. Se debe instalar un sello que obture el espacio entre la cara de la tapa (expuesta al agua) y la cara superior de la paleta directriz.

Se deben suministrar tuberías, accesorios, válvulas, y manómetros con escala en kPa y válvula de purga de aire. Los interiores de las válvulas, las tuberías y accesorios, así como la conexión y Bourdon del manómetro, deben ser de acero inoxidable.

Para reducir las cargas transmitidas a la chumacera de carga, solo se acepta la instalación de tubos de compensación de acero inoxidable; la velocidad del agua no debe exceder de 4 m/s y para la tubería embebida, se debe considerar en el diseño, un excedente en el espesor de por lo menos 1.5 mm por corrosión.

El proveedor debe presentar a la CFE, la memoria de cálculo de estas tuberías, indicando velocidades, gastos y la reducción de presión.

El diseño estructural de la tapa de la turbina, debe considerar los espacios para el fácil acceso a los equipos y/o sistemas que se alojen en ésta, con objeto de facilitar las actividades de montaje, desmontaje y mantenimiento.

Se debe considerar la instalación de una chumacera guía sobre la tapa superior. La ubicación definitiva de ésta, depende del diseñador y no debe presentar interferencia con otros equipos, tales como el estopero de la flecha y sello de parada. Esta chumacera guía debe contar con un sistema de extracción de vapores, que cumpla con la especificación CFE X0000-30.

5.3.10 Anillo inferior de la turbina

El anillo soporte inferior de la turbina, debe ser fabricado con acero rolado o forjado, dividido en el menor número posible de secciones, tomando en consideración las limitaciones de transporte y los métodos de montaje, debe ser diseñado rígidamente para evitar vibraciones y deformaciones nocivas, el diseño debe considerar el acceso adecuado para la revisión y mantenimiento del apoyo inferior de las paletas directrices, en el caso de que las dimensiones de la turbina lo permitan.

La placa de desgaste y el sello, deben ser seccionados para que puedan ser cambiados, sin tener que desmontar la turbina, protegiendo de este modo, a la zona más afectada por el paso del agua.

Debe ser diseñado de manera que permita el acceso para la revisión y en su caso, reparación del cojinete inferior de las paletas reguladoras, garantizando con esto, que no existan vibraciones peligrosas ni fugas al exterior.

En la parte superior de este anillo, se debe colocar una placa de desgaste de acero inoxidable de acuerdo a lo indicado en la referencia [7] del capítulo12de esta especificación, atornillada con una amplitud tal, que corresponda a la posición de las paletas reguladoras totalmente abiertas, y que permita una continuidad de este material, a lo largo de todo el curso del agua.

5.3.11 Paletas reguladoras y vástagos

Deben ser fundidas o fabricadas con un acero inoxidable al cromo-níquel 13 % Cr – 3.8 % Ni, de acuerdo a la referencia [11] del capítulo 12 de esta especificación, de una sola pieza, deben tener la rigidez suficiente para resistir los esfuerzos producidos en todas las condiciones de operación y durante los fenómenos transitorios. Deben ser uniformes y su sección transversal se debe diseñar para dirigir apropiadamente y para acelerar gradualmente la entrada de agua al rodete con un mínimo de fricción y sin disturbios hidráulicos. Se les debe dar un acabado N7 (1.6 Ra), y ser intercambiables entre ellas.

En las superficies superior e inferior de las paletas reguladoras, se deben colocar sellos especiales, para prevenir fugas de agua cuando éstas, estén cerradas. Los sellos se deben cambiar sin que sea necesario desmontar las paletas ni la tapa superior de la turbina; no deben existir fugas de agua, cuando están cerradas.

Además de su programa normal de pruebas en fábrica, estas paletas se deben someter a la prueba no destructiva de ultrasonido, incluyendo la zona de transición de la paleta con el vástago y de acuerdo con lo que establece la referencia [3], capítulo 12 de esta especificación.

El diseño de las paletas debe tomar en cuenta que, si cualquiera de ellas llega a desconectarse del anillo de regulación, por falla de uno de los pernos de ruptura, ésta no debe causar fallas progresivas de los pernos de ruptura adyacentes.

El diseño hidráulico de las paletas debe considerar un par torsionante con tendencia al cierre. El tiempo de cierre, no debe ser menor al que se requiere para efectuar el cierre en forma manual, cuando ocurre una falla.

Como señales de alarma, en el caso de que alguna delas paletas quede desconectada, se deben instalar micro interruptores que operen con corriente directa, cuyo valor de tensión, se da en las **Características Particulares**.

Estas señales se deben alambrar hasta la caja de conexiones de la turbina.

Los elementos que forman el mecanismo de regulación de los álabes, se deben instalar sobre la tapa superior de la turbina, y deben ser fácilmente accesibles para inspección, ajuste y reparación.

5.3.11.1 Cojinetes de las paletas reguladoras

Las paletas reguladoras deben estar provistas de cojinetes autolubricados de guía, y arandela de carga.

Todas las partes mecánicas deslizantes, como son el anillo de regulación, eslabones y seguros deben ser provistos de cojinetes.

La arandela de carga debe mantener a las paletas reguladoras en una posición fija, en contra de las presiones ascendente y descendente y debe ser construido de una manera que facilite el ajuste, para mantener las paletas reguladoras en una posición intermedia exacta, entre las placas de desgaste de la tapa superior y del anillo inferior.

5.3.11.2 Mecanismos de regulación de las paletas reguladoras

El mecanismo regulador que opera a las paletas móviles, debe estar diseñado para asegurar un funcionamiento adecuado en todas las condiciones de operación, que permita realizar con facilidad la apertura y el cierre de las paletas; así como las partes que tengan movimiento relativo y contacto. Está constituido por servomotores, barras de mando, anillo de regulación, eslabones y palancas de conexión con las paletas móviles y cojinetes de material autolubricado. Debe estar diseñado para que la fricción y el desgaste, sean reducidos al mínimo; así como para poder realizar el ajuste individual de cualquier paleta móvil independientemente de los restantes.

Los elementos mecánicos de regulación, (palancas y eslabones), y las conexiones para control de las paletas móviles, se deben instalar sobre la tapa superior de la turbina, y ser fácilmente accesibles para su inspección, ajuste y reparación. El mecanismo regulador completo se debe ubicar en el foso de la turbina, se debe diseñar con espacios adecuados, para su fácil inspección y mantenimiento.

Debe contar con pernos excéntricos para permitir ajustar individualmente los álabes móviles. Este mecanismo debe ser operado por medio de dos servomotores de doble efecto, los cuales accionan al anillo de regulación, mediante barras de mando, y dos interruptores límite, que envíen la señal de que los álabes móviles están "completamente cerrados".

Cada componente debe estar diseñada para asegurar su operación adecuada para todas las condiciones de operación garantizadas.

El anillo de regulación debe ser de diseño rígido, con guías autolubricadas, del tipo deslizante o rodante. La estructura soporte del anillo de regulación, debe ser diseñada para prevenir deflexión excesiva de la chumacera guía y de la flecha, cuando el anillo de regulación esté sujeto al empuje de uno de los servomotores, y con el otro servomotor bloqueado.

La deflexión excesiva se considera cuando las holguras netas, medidas en la chumacera, sean mayores a la mitad de la holgura de diseño.

Se debe prever el diseño y suministro de pernos de seguridad (pernos de ruptura) en la conexión entre cada paleta móvil, y el anillo de regulación. Los pernos de seguridad se deben diseñar para soportar los máximos esfuerzos, en operación normal, y fallar por ruptura, cuando una de las paletas sea bloqueada durante una acción de cierre o apertura. En caso de falla de cualquiera de los pernos de seguridad, debe seguir el envío de una señal de alarma al SCAAD. El material de los pernos debe ser resistente a la corrosión y para evitar la presencia de un par galvánico, se debe aplicar un recubrimiento, o un aislamiento eléctrico.

Se debe suministrar un bloqueo mecánico, (un seguro) accionado por un servomotor auxiliar conectado al regulador, para asegurar el distribuidor en la posición cerrada, en caso de falla de la presión de regulación. También debe contar con un bloqueo manual en la posición totalmente abierto.

Se debe incluir un microinterruptor por paleta, que opere con corriente directa a la tensión que se indica en las **Características Particulares**.

Cada paleta móvil debe estar provista de un freno por fricción, de suficiente capacidad para prevenir algún movimiento descontrolado de la paleta, debido a la ruptura de algún perno. El freno debe ser diseñado en tal forma, que durante la instalación, no se transmitan cargas adicionales al servomotor, ni durante la operación normal de la unidad.

Se debe considerar un tope fijo para limitar la máxima apertura de las paletas móviles, que en caso de ruptura del perno de seguridad de alguna de las paletas, ninguna parte de la misma, cause daño a las adyacentes y ocasione la falla progresiva de estas últimas.

Se deben prever las conexiones y requerimientos necesarios para la interconexión con las tuberías de aceite del regulador de velocidad, ya que dichas tuberías, forman parte del suministro del mencionado regulador. De requerirse, véase la especificación CFE GA4L0-54.

5.3.11.3 Servomotores

El proveedor debe suministrar dos servomotores de doble acción para cada turbina, mismos que deben accionar el anillo de regulación, mediante barras de mando. No se aceptan servomotores individuales.

El cuerpo y las tapas de los servomotores, se deben fabricar con el tipo de acero que se utiliza para recipientes a presión, según lo establecido en la referencia [8], el cilindro puede ser de acero forjado, acero fundido o placa de acero soldada, el émbolo debe ser de acero fundido o forjado y el vástago debe ser de acero al carbón con recubrimiento de cromo duro rectificado. Estos servomotores deben funcionar con aceite a presión, proveniente del regulador de velocidad, la operación de las paletas móviles debe ser suave, para una variación de carga del grupo turbina generador y debe ser acorde con los requerimientos establecidos en la especificación CFE GA4L0-54. Los servomotores se deben diseñar para realizar un cierre completo de las paletas móviles, desde la posición de "totalmente abiertas", considerando la máxima presión hidráulica en la turbina, incluyendo la sobrepresión debida al golpe de ariete.

En uno de los servomotores, se debe instalar un dispositivo, para transmitir su propio movimiento al mecanismo restaurador del regulador de velocidad, el cual debe ser instalado, en el gabinete actuador.

En uno de los servomotores de cada turbina, se debe instalar un dispositivo de retroalimentación, de diseño moderno y probado, que permita determinar su posición, y localmente, una escala graduada en milímetros, para indicar la carrera de los servomotores, y la apertura de las paletas móviles en porciento.

Se debe incluir también un injerto de acero inoxidable, para instalar un medidor de presión de aceite, colocado en el nicho de las partes superiores del cierre y apertura de cada servomotor.

Los servomotores deben ser capaces de mover el distribuidor de la turbina suavemente, a través de una apertura o un cierre completo, empleando el mismo tiempo que el del movimiento de las paletas del distribuidor, bajo mínima presión y para la máxima caída neta de operación, el servomotor del distribuidor se debe ubicar preferentemente, fuera del foso de la turbina.

En el foso de la turbina se deben dejar los espacios necesarios y adecuados para la cimentación, inspección y mantenimiento de los servomotores. Se debe instalar un sistema de recolección de fugas de aceite que incluya: una bomba y las tuberías necesarias, para regresar el aceite al tanque colector del regulador de velocidad.

Para indicar la posición totalmente cerrada de las paletas móviles, se deben incluir dos interruptores límite.

Se debe considerar en el suministro, un bloqueo manual y uno automático, como se describe a continuación:

a) El bloqueo manual se requiere para los casos en que la unidad generadora se saca de operación, para darle mantenimiento y para que el personal que lleva a cabo esta actividad, lo haga con seguridad, estando el distribuidor en posiciones abierto o cerrado.

El seguro manual debe ser de fácil remoción, y diseñado para que pueda ser manipulado por un solo operador. Debe contar con interruptores límite para indicar que está liberado, aplicado en posición cerrada o aplicado en posición abierta.

b) El bloqueo mecánico, (automático), se requiere para asegurar que el distribuidor quede en posición totalmente cerrada, en caso de falla de la presión de regulación. Éste debe ser accionado por un servomotor auxiliar, conectado al regulador de velocidad.

Para uno de los servomotores, se debe suministrar un mecanismo de candado, (“gatelock”), de las paletas, operando automáticamente, para asegurar a la turbina en la posición totalmente cerrada del distribuidor. El mecanismo debe incluir un yugo de bloqueo o candado, resortes de operación, y servomotor para liberar el mecanismo de candado, interruptores límite, válvulas, tuberías y los accesorios necesarios. El mecanismo de candado debe ser controlado por una válvula de solenoide, la cual debe funcionar conjuntamente con otra válvula de solenoide para arranque y paro. El resorte de operación debe embragar y desembragar automáticamente el candado, cuando la presión del aceite en el servomotor auxiliar sea liberada; el candado se desembraga, aplicando presión al servomotor auxiliar.

Se deben suministrar uno o más interruptores límite, cada uno con dos juegos de contactos ajustables independientemente. Un juego de contactos debe cerrar cuando el mecanismo de candado alcance la posición de totalmente desembragado, y las paletas móviles queden libres para abrirse. El otro juego de contactos debe operar cuando el mecanismo de candado alcance la posición de totalmente embragado.

El proveedor de la turbina se debe coordinar con el fabricante del regulador de velocidad para elaborar un diseño satisfactorio y seguro, del mecanismo de candado.

Las tuberías se deben instalar de tal modo que, el mecanismo pueda ser controlado manualmente, por medio de válvulas localizadas en el interior del gabinete del actuador, en donde también se debe instalar un interruptor de control, para la operación automática del mecanismo de candado.

Se debe prestar atención especial a su localización y cimentación.

El licitante debe indicar el tiempo de cierre del distribuidor y entregar a la CFE la memoria de cálculo mediante la cual determinó dicho tiempo de cierre.

5.3.12 Flecha

La flecha de la turbina debe ser de acero al carbón forjado, que cumpla con la referencia [10], capítulo 12 de esta especificación, y tratado térmicamente; de acuerdo con lo que establece la referencia [4], mismo capítulo 12, debe estar provista de bridas de acoplamiento en ambos extremos, para ser conectada a la flecha del generador, y al rodete. Las bridas deben ser parte integral de la flecha, los acabados que deben tener, son los siguientes:

- brida: superficie de acoplamiento N5,
- superficies al diámetro exterior N8,
- para la superficie de trabajo de las chumaceras N4.

Se debe aplicar un recubrimiento metálico anticorrosivo en el cuello de la flecha y en la brida de acoplamiento inferior, para evitar que la corrosión dañe las superficies que sirven como referencia para el centrado del rodete.

El diseño, construcción de la flecha y de las bridas de acoplamiento, así como las tolerancias admisibles y métodos de alineamiento, se deben realizar y cumplir con lo establecido en la referencia [14] del capítulo 12 de esta especificación.

El diseño de la flecha debe asegurar que la velocidad crítica sea igual, o mayor a 130 % de la velocidad máxima de desboque, de todo el conjunto rotatorio. Puede ser sólida o hueca, dependiendo de las dimensiones de la misma. En caso de que sea hueca, la perforación central, debe tener 200 mm de diámetro como mínimo, para facilitar su inspección visual y las pruebas necesarias, pero no se acepta que se inyecte aire, por dicho hueco.

Dependiendo de la ubicación de los acoplamientos de vástagos, para accionamiento del servomotor, se deben prever registros de inspección, coincidentes de tal manera, que se tenga fácil acceso para inspección visual y mantenimiento. Esto no debe comprometer la alineación y el balanceo del grupo turbina generador.

Se deben instalar registros, ubicados de tal manera, que se tenga fácil acceso para la inspección visual y para mantenimiento. La ubicación de éstos, debe corresponder con la de los acoplamientos de vástagos para accionamiento del servomotor, lo cual, no debe comprometer la alineación y el balanceo del grupo turbina generador. Para la transmisión del par, entre turbina y generador, se debe diseñar el acoplamiento bridado. Corresponde al licitante informar en su propuesta, si el par se transmite por corte, o por fricción. En caso de que sea por corte, el diseño de la brida debe cumplir con la referencia [14], y los pernos con la [9], ambas del capítulo 12 de esta especificación.

El proveedor debe suministrar los pernos y tuercas de acero de alta resistencia (tipo AISI 4140) con 0.15 % máximo de carbono, 12 % de cromo y 2 % níquel y con seguros, para el acoplamiento entre las flechas de la turbina y del generador.

También debe suministrar la plantilla “template” con barrenos, para el maquinado de la brida, así como los cálculos que definan el diámetro final de la flecha y la velocidad crítica de la unidad.

De acuerdo con el arreglo de las chumaceras (especificación CFE X0000-30), en la parte superior de la flecha de la turbina, debe suministrarse un collar forjado para soportar a las partes rotatorias de la unidad, el cual debe tener un cabezal de carga fácilmente removible para apoyar al conjunto sobre los patines de la chumacera de carga.

Se deben suministrar una protección cilíndrica alrededor de la flecha, que funcione como vía de descarga de los vapores de aceite de las chumaceras y un disco de acero inoxidable para instalarse sobre la brida y maquinarlo, de tal forma que presente la mejor superficie de apoyo para un sellado efectivo del estopero.

Se debe disponer de un sistema de sellado, de diseño ya probado, que impida filtraciones de agua a través de la unión con la flecha, cuando la unidad está en reposo, permitiendo así el cambio de los anillos del estopero, sin necesidad de vaciar la turbina.

Este sello debe operar con aire a presión, expandiéndose para lograr el pleno contacto con la superficie de la flecha, la cual, en esa zona, debe estar recubierta con acero inoxidable. El estopero y el “sello de parada” deben estar equipados con todos los elementos, accesorios y aparatos de control necesarios para que el funcionamiento sea confiable y automático.

En la tubería principal de alimentación de aire al sello de parada, se debe instalar un dispositivo que envíe señales de alarma y de bloqueo de arranque de la unidad, cuando se indique que el sello de parada está operando.

El proveedor de la turbina debe efectuar las preparaciones necesarias para la instalación del dispositivo digital de exploración de velocidad, y de las protecciones por sobre velocidad, para lo cual se debe coordinar con el proveedor del regulador de velocidad, ya que esto es parte del suministro del regulador, (especificación CFE GA4L0-54).

La posición relativa de la conexión de las bridas, se debe indicar claramente mediante alguna marca fácilmente detectable. El rimado final de los barrenos para los pernos de conexión, puede ser realizado en el sitio, en cuyo caso,

el proveedor debe suministrar el equipo y accesorios necesarios para ejecutar este trabajo. El proveedor debe suministrar un dispositivo adecuado, para el manejo de la flecha y rodete juntos y también en forma independiente para su montaje.

El diseño de la flecha, debe considerar las preparaciones para la instalación del sistema de medición de velocidad y monitoreo de vibraciones.

a) Alineamiento de las flechas, de la turbina y del generador.

El proveedor de la turbina debe garantizar que el sistema de acoplamiento sea el apropiado para resistir los esfuerzos mecánicos a los que esté sometido el conjunto turbina – flecha – generador, durante su operación, por lo que es el responsable del alineamiento de ambas flechas, la de la turbina, y la del generador, para lo cual, se debe coordinar con el proveedor del generador, para que con base en el "Convenio de Cooperación entre Proveedores" realicen esta maniobra, como se establece en el Apéndice A de la especificación CFE W4200-12.

El proveedor debe presentar a la CFE, el procedimiento correspondiente, para su revisión y aprobación. La máxima excentricidad no debe exceder los valores permitidos por la referencia [14], capítulo 12 de esta especificación.

El fresado final de los barrenos para los pernos de ambas bridas, se debe hacer en el sitio, en cualquier posición posible de acoplamiento de estas bridas, después de que se alcance la posición relativa final de las mismas.

b) Estopero de la flecha.

Se debe suministrar un estopero para la flecha, de diseño ya probado, con sello de carbón o de teflón, para trabajo axial o radial. Debe ser resistente y seguro, construido de tal manera que permita su inspección, ajuste y reparación, sin tener que desmontar la chumacera guía. Su diseño debe garantizar un mínimo de fugas de agua en todas las condiciones de operación y por sobrepresiones, especialmente cuando la turbina no funcione, o se tenga un nivel de agua extraordinario en el desfogue.

También se deben considerar previsiones adecuadas para evitar la contaminación del aceite de la chumacera guía, debido a fugas de agua por el estopero.

Las partes metálicas que integran al estopero, como son tornillos y tuercas necesarios para armar la caja de sellos, deben ser de acero inoxidable AISI 304, o sea, con 0.08 % máximo de carbono, 18 % a 20 % de cromo y 8 % a 12 % níquel.

La lubricación del estopero debe ser a base de agua transportada por medio de tubería también de acero inoxidable, filtros dobles y medidor de flujo con contactos de alarma.

Si el estopero es axial se debe suministrar un indicador de desgaste de los anillos y considerar puntos de medición de temperatura y de desgaste, incluyendo los termómetros, las tuberías, válvulas, accesorios y lo necesario para el envío de esta información al tablero local y al PLC de la turbina. La indicación de estas temperaturas en los termómetros, debe también ser enviada, y aparecer en el tablero local de la turbina, y en el SCAAD.

El diseño debe considerar precauciones apropiadas contra la contaminación del aceite de la chumacera, por una corriente de agua disparada aguas arriba, por una falla en el estopero, por lo que se deben suministrar los medios adecuados para drenar el agua que se filtre por dicho estopero.

Todos los controles y válvulas, accesorios y tornillería, necesarios para la regulación y control del agua, deben ser suministrados por el proveedor de la turbina.

En la superficie de sello con el estopero, se debe tener un casquillo removible de acero inoxidable, rectificado para qué presente el mejor apoyo posible y en cuya superficie se deben efectuar inspecciones por el método de partículas

magnéticas o por líquidos penetrantes cuando no sea aplicable el de partículas magnéticas. Las partes metálicas del estopero en contacto con el agua, deben ser de acero inoxidable.

5.3.13 Grúa puente circular

Se debe suministrar una grúa puente circular, cuyo dispositivo de izaje tenga la flexibilidad y capacidad suficientes, para realizar el montaje y desmontaje de todos los eslabones y palancas del mecanismo de regulación. La viga del puente debe ser diseñada para su fácil maniobra y desplazamiento alrededor del foso de la turbina.

5.3.14 Foso de la turbina

Debe ser de concreto reforzado y con las dimensiones suficientes y necesarias para alojar los equipos auxiliares que se requieren y ahí se deben instalar.

Se deben considerar las estructuras metálicas (piso y barandales) para traslado del personal de operación y mantenimiento, así como los accesos a través de escaleras a los diferentes niveles de la tapa superior de la turbina.

En el foso, se deben considerar dos puntos de acceso desde el piso de generadores. Esto es, se debe prever un acceso con escaleras, para el personal de operación y mantenimiento y otro, para el suministro y extracción de componentes de la turbina, durante los trabajos de mantenimiento. Este último acceso, consiste en un foso vertical que comunica el piso de generadores con la elevación del foso de turbina. Este foso de acceso debe contar con una rejilla tipo Irving en el piso de generadores.

Se deben considerar las preparaciones necesarias para la instalación y operación de un polipasto orientado radialmente y con traslación perimetral, para trabajos de mantenimiento.

Se debe suministrar, por parte del proveedor, lo necesario para la iluminación de esta zona, por lo que debe incluir las lámparas, la tubería conduit, el cableado, las cajas terminales, los ductos necesarios para ser ahogados en el barril de concreto y los accesorios y control del sistema de iluminación, completos. La iluminación debe ser proporcionada por 6 luminarias como mínimo, convenientemente distribuidas, las lámparas, tuberías, conductores y cajas terminales, no deben sobresalir de la superficie del forro metálico, para no impedir el paso de la tapa superior, durante el montaje y desmontaje de la turbina o el del escudo superior, cuando se desmonta la turbina para mantenimiento mayor.

Todo el alambrado para medición, iluminación y control, debe ser canalizado hacia los bloques terminales.

El nivel de iluminación requerido dentro del foso, debe ser de 150 luxes como mínimo, con lámparas fluorescentes (“blanco frío”).

Para lograr un ambiente aceptable para el personal, el foso de la turbina se debe mantener libre de polvo, calor excesivo, humedad y vapores de aceite, por lo que es necesario suministrar e instalar un ventilador axial o un extractor, que permita extraer el aire caliente y viciado, con una frecuencia de 40 cambios por hora. Además del ventilador, se deben suministrar e instalar todos los elementos necesarios para obtener un funcionamiento adecuado, dándole especial atención a los filtros que deben evitar el paso de partículas nocivas que pudieran afectar a las personas que se encuentren en este lugar. Es necesario consultar la norma de referencia NRF-080-CFE.

Es necesario que todo el equipamiento que se instale dentro del foso, deba obedecer una disposición y distribución adecuadas, para su operación y mantenimiento.

5.3.14.1 Forro metálico del foso de la turbina

El forro metálico para el foso de la turbina que se debe suministrar, debe ser fabricado con placa de acero al carbón que cumpla con la norma NMX-B-254, con un espesor mínimo de 13 mm. En su fabricación se deben tomar en cuenta las limitaciones para su transporte, por lo que debe ser dividido en secciones apropiadas para ser ensamblado fácilmente en el sitio.

El forro metálico debe cubrir desde la brida del antedistribuidor, hasta el inicio del foso y debe estar reforzado con costillas para evitar deformaciones ocasionadas durante el transporte, o durante el colado de concreto del foso.

5.3.15 Equipo eléctrico

5.3.15.1 Tablero local de la turbina

El proveedor debe suministrar un tablero local para la turbina, en el que se concentren los instrumentos propios de la misma. Debe ser de construcción robusta y diseñada de acuerdo con las normas NMX-J-235/1-ANCE y NMX-J-235/2-ANCE provisto con soportes y bastidores, con iluminación interior a base de lámparas fluorescentes de 220 V, corriente alterna, operadas por interruptores de acción local y con apoyo de lámparas incandescentes alimentadas con corriente directa. La intensidad de iluminación, en ambos casos, debe ser la que permita efectuar trabajos de inspección y mantenimiento. Se deben suministrar, resistencias calefactoras, para evitar la condensación de agua en su interior.

El área de la sección transversal de los cables utilizados en el alambrado de este tablero, debe ser como mínimo, de 2.08 mm^2 y cumplir con lo establecido en la norma NMX-J-438-ANCE.

Los cables utilizados para la interconexión de los diferentes tableros y equipos deben tener, como mínimo, una sección transversal de 3.31 mm^2 y cumplir con lo indicado en la norma NMX-J-492-ANCE.

Los instrumentos que, como mínimo se requieren en este tablero, son los siguientes:

a) Para la turbina.

- indicador de velocidad de la turbina,
- indicador de posición del distribuidor,
- medición de temperatura del estopero de la flecha con contactos de alarma,
- señalización de la operación de las bombas o del eductor para drenar la tapa de la turbina, incluyendo señalización y alarma por alto nivel de agua,
- señal de alarma por falla de cualquier perno de seguridad,
- manómetro para indicar la presión de la carcasa espiral,
- manómetro indicador de presión o vacío, con transductor, para el tubo de succión,
- manómetro para el tubo de aspiración, nivel inferior y cercano a la descarga del rodete,
- medidor de flujo de agua con indicación permanente y totalizador tipo "Winter Kennedy",
- contador de horas de operación, del tipo digital,
- indicadores de temperatura del aire del generador (dos de aire frío y dos de aire caliente, correspondientes a enfriadores opuestos, en tablero local de la turbina.

b) Para las chumaceras (véase la especificación CFE X0000-30).

- medición de temperatura del aceite de las chumacera guía de turbina y de carga o combinada de carga-guía, con contactos de alarma y disparo por alta temperatura,

- medición de temperatura de los metales de las chumacera guía de turbina y de carga o combinada de carga-guía, con contactos de alarma y disparo por alta temperatura,

- medición de la temperatura del aceite con contactos de alarma y disparo por alta temperatura, para la chumacera guía del generador,

- medición de la temperatura de los metales, con contactos de alarma y disparo por alta temperatura, para la chumacera guía del generador,

- medición de flujo en el circuito de agua de enfriamiento de las chumaceras guía, de carga, o de la combinada de carga-guía, con contactos de alarma,

- medición de flujo de aceite de la chumacera de carga o de la combinada de carga-guía, con contacto de alarma, que opere por flujo insuficiente de aceite, (contacto alambrado hasta la caja de conexiones del generador),

- indicación de nivel de aceite para la chumacera de carga o para la combinada de carga-guía, con contacto de alarma por alto y bajo niveles de aceite,

- indicación del nivel de aceite para la chumacera guía de la turbina, con contacto de alarma por alto y bajo niveles de aceite,

- indicación del nivel de aceite para la chumacera guía del generador, con contacto de alarma por niveles de aceite alto y bajo.

c) Para el generador (véase la especificación CFE W4200-12).

- indicador de temperatura del aire de enfriamiento del generador.

d) Interruptores de sobre velocidad.

El interruptor principal de sobre velocidad debe ser operado mecánicamente por medio de un acoplamiento directo a los elementos rotatorios de la unidad. Este interruptor debe ser ajustable entre el 110 % y el 160 % de la velocidad nominal.

Los interruptores de velocidad deben ser ajustables en forma independiente y ser adecuados para realizar las siguientes funciones:

- aplicación de frenos,

- entrada y salida de bomba de izaje,

- entrada y salida quebradora de campo,

- protección de sobre velocidad,

- señal de velocidad 0 (cero)para diversas aplicaciones.

Los sistemas de medición pueden ser integrados por transductores que envíen las señales al SCAAD. La comunicación entre la instrumentación involucrada, se debe realizar a través de protocolos PROFIBUS.

Se deben implementar botones físicos alambrados con filosofía “FailSafe” de emergencia.

El color del tablero debe ser “arena 31” según especificación CFE L0000-15, sin demérito de la aplicación de las especificaciones de CFE relativas a los recubrimientos.

5.3.15.2 Centros de control de motores

Se debe suministrar un gabinete metálico por cada unidad generadora, en el que se instalen los instrumentos de control de todos los motores eléctricos que forman parte del suministro. Su diseño y construcción se deben basar en lo establecido en la especificación CFE V6300-21.

5.3.15.3 Tensiones nominales

a) Sistema de corriente alterna.

Se debe considerar que en la central existe un sistema con una tensión nominal de 480 V c.a. 60 Hz, para la alimentación de los equipos de fuerza, por lo que los equipos proporcionados, deben operar correctamente y sin deterioro prematuro, entre los límites máximo y mínimo indicados para las tensiones mostradas a continuación:

- tensión máxima 508 V c.a.,
- tensión mínima cuando se tienen cargas de alumbrado 424 V c.a.,
- tensión mínima cuando no se tienen cargas de alumbrado 416 V c.a.

Los valores anteriores corresponden a un sistema trifásico de 3 hilos.

La variación de frecuencia que se puede permitir, es de ± 5 %, como máximo.

b) Sistema de corriente directa.

El proveedor debe considerar un sistema de corriente directa a una tensión de 250 V a menos que se indique otro valor en las **Características Particulares** y que se requiere para la alimentación de los equipos de control.

Los equipos proporcionados deben operar correctamente y sin deterioro en la vida normal de los mismos cuando se alimenten entre los límites tensión máximo y mínimo indicados a continuación:

- tensión máxima: 280 V c.d.,
- tensión mínima: 200 V c.d.

El proveedor debe indicar en la propuesta, las tensiones nominales de los equipos y aparatos eléctricos que suministra.

5.3.15.4 Motores

Los motores requeridos para la turbina y para los diversos equipos y sistemas mencionados en esta especificación, deben ser del tipo totalmente cerrado, no ventilado y cumplir con lo establecido en la norma NMX-J-075/1-ANCE. El proveedor debe suministrar los arrancadores para los motores y todos los dispositivos de control necesarios, de manera que la CFE sólo proporcione la alimentación de energía eléctrica por medio de un interruptor a 480 V c.a..

5.3.15.5 Tubería conduit y accesorios

La tubería conduit, accesorios y soportes de tubería que sean necesarios para la interconexión del equipo suministrado, deben ser proporcionados en su totalidad, por el proveedor, así como las cajas terminales para la conexión de los cables. Dichas cajas deben tener tapa y protegerse con un recubrimiento anticorrosivo. La tubería conduit, en que se alojan los conductores eléctricos, los accesorios y los soportes de la tubería embebida o externa, requeridos para la instalación del sistema, deben ser de metal galvanizado.

Los tubos conduit de metal galvanizado para los conductores eléctricos, deben cumplir con las normas NMX-J-534-ANCE y NMX-J-536-ANCE.

Para casos en que la canalización deba pasar por lugares en que la corrosión sea severa y que sea embebida en concreto o enterrada, se requiere el uso de tubos de PVC, que deben cumplir con las normas NMX–E-242-1-ANCE-CNCP o NMX-E-242-2-ANCE-CNCP.

Son también parte del suministro, las estructuras de acero, tornillos, tuercas y anclas. Todos los codos deben ser graduales y suaves, para permitir el paso de cables aislados. Los extremos de los tubos conduit, deben ser preparados para no estropear los forros de los cables o las cubiertas protectoras.

5.3.15.6 Conductores

El proveedor debe suministrar todos los conductores para fuerza y control requeridos por el equipo suministrado, los cuales deben ser instalados y conectados por especialistas. Los conductores deben cumplir con la norma NMX-J-438-ANCE para alambrado de tableros y para circuitos de control y con la norma NMX-J-492-ANCE para sistemas de fuerza.

Para los siguientes circuitos, se debe utilizar cables blindados.

- circuito electrohidráulico del regulador de velocidad,
- circuito detector de temperatura.

Los cables no deben estar cortados, ni raspados del forro aislante, ni de la cubierta protectora y menos, del material conductor.

No se deben hacer empalmes en los conductores, excepto en el bloque terminal del equipo. Todos los cables deben ser marcados en uno de sus extremos, con una banda en la que se anote un número de identificación, antes de terminar su instalación. Dichas bandas deben ser proporcionadas por el proveedor. Los planos, con las rutas de dichos cables, deben ser presentados a la CFE por el proveedor, antes de ser instalados.

5.3.16 Instrumentos de medición, control y protección

Todos los equipos de medición (temperatura, presión, flujo, entre otros) deben ser los adecuados para el registro de estos parámetros y con escala adecuada, los valores de operación correspondientes y con medición en las unidades del sistema internacional (SI) de acuerdo con la norma NOM-008-SCFI.

Cada unidad generadora debe contar con la instrumentación necesaria para la medición, el control y la protección de toda la unidad, acordes con los requerimientos establecidos en el SCAAD, con señalización de alarma y disparo en cada caso particular.

Si se utilizan transductores, éstos deben contar con salida analógica de 4 mA a 20 mA.

Todos los instrumentos que comunican con el SCAAD, deben considerar la salida de comunicación con protocolo PROFIBUS.

5.3.16.1 Interruptores e indicadores de temperatura

Los indicadores de temperatura (termómetros) deben ser de contacto, tipo presión de vapor o gas, con graduación de 0 °C a 100 °C, pantalla digital, cubierta y conexiones roscadas de acero inoxidable AISI 304 o similar. El diámetro de la carátula debe ser de 100 mm, como mínimo, deben estar graduados en grados Celsius (°C). La carátula debe tener fondo blanco y los números deben ser negros. La exactitud de los termómetros debe ser de ± 1 %

Los detectores de temperatura deben ser de resistencia (RTD), tipo platino con valores de 100 Ω a 0°C con contactos para corriente directa que puedan ser calibrados para alarma y para disparo, de acuerdo con las condiciones de la operación y con salidas analógicas o digitales que permitan el envío de señales locales y remotas con valores de 4 mA a 20 mA o 0 V a 10 V. Los detectores deben ser utilizados en combinación con los indicadores de carátula.

Los conductores de estos elementos deben ser flexibles, blindados y de material resistente a daños mecánicos, altas o bajas temperaturas y corrientes de operación. Los RTD se deben poder conectar a un registrador gráfico de temperatura a la caja de conexiones del generador o al tablero de la turbina. Los intervalos de temperatura deben ser determinados por el proveedor.

- los termostatos para detectar la temperatura del metal de las chumaceras guía, con contactos para c.d con diferentes ajustes, uno para alarma y otro para el paro de la unidad,
- los termostatos para detectar la temperatura en los metales de las chumaceras de carga o combinada y de las guía, se deben suministrar con contactos para corriente directa y alarma por alta temperatura,
- termostatos para detectar alta temperatura con señales de alarma y disparo para el sello de la flecha.

Se requieren:

a) Termostato para el estopero de la flecha, con indicación local, contactos de alarma y señal remota.

b) Detectores de temperatura (RTD) y termostatos para metales y aceite de:

- chumacera guía generador,
- chumacera guía turbina,
- chumacera de carga o combinada de carga-guía,
- tanque de aceite del regulador,
- agua de enfriamiento.

5.3.16.2 Interruptores e indicadores de presión (manómetros)

Medidores de presión, (manómetros y presostatos).

Deben cubrir las necesidades particulares de cada aplicación, instalarse con tuberías y accesorios de acero inoxidable, contar con válvulas de aislamiento, estar graduados en kPa y contar con contactos para alarma y disparo. Se requieren:

- manómetros para indicar la presión en los servomotores del distribuidor, apertura y cierre,

- manómetros para indicar la presión en el servomotor auxiliar, bloqueo automático del distribuidor,
- manómetros para medir la presión en la carcasa, para la prueba de eficiencia,
- (4) manómetros para medición local de la presión en la carcasa.
  - . presostato para indicar sello de parada aplicado,
  - . presostato para aviso de cierre por disparo por sobrevelocidad,
  - . manómetro para medición local de la presión o vacío en el tubo de aspiración,
  - . manómetro con cabezal para medir la presión en cualquiera de los tres barrenos de la tapa superior de la turbina.
- manómetro para el tubo de succión.

5.3.16.3 Interruptores límite

Los interruptores límite se deben suministrar con contactos para corriente directa, los cuales deben cerrar en el momento en que las paletas directrices abran y lleguen a la posición de marcha en vacío.

El proveedor debe suministrar todos los interruptores límite o de otro tipo, que sean necesarios para el control hidráulico y protección de la turbina,y deben contar con sensores del tipo inductivo.

Se requieren, como mínimo, los siguientes interruptores límite para la indicación de:

- desgaste del estopero,
- falla de pernos de ruptura en las paletas móviles del distribuidor en posición “cerrado” (uno en cada paleta),
- del distribuidor en posición: cerrado,
- del distribuidor en posición marcha en vacío,
- del bloqueo manual en posición cerrado y en posición abierto,
- del bloqueo automático embragado y desembragado,
- la válvula del sistema de aireación del rodete, abierta y cerrada,

5.3.16.4 Medición del flujo turbinado

Independientemente de la tecnología utilizada para la medición del flujo en la turbina, la medición suministrada debe ser directa, en la cual, la tubería que conecta los instrumentos, debe ser recta a fin de facilitar las maniobras de mantenimiento en esta instalación. Se deben dejar las preparaciones necesarias, para efectuar mediciones posteriores de eficiencia de la turbina durante su operación.

Medidores y sensores de flujo.

El medidor del flujo de agua para turbina debe utilizar el sistema de “Winter Kennedy”. La medición de flujo debe considerar indicación permanente incluyendo totalizador, se debe llevar hasta el tablero local de la turbina y al SCAAD.

El medidor debe ser ajustable y calibrable con escala en m^3/s y el indicador del tipo LCD.

- medidor de flujo, tipo “Winter Kennedy” con Integrador, para medición de gasto de la turbina,
- supervisor de flujo en el sello de la flecha tipo magnético inductivo.

5.3.16.5 Indicadores y relevadores del nivel de aceite

a) Los indicadores de nivel de aceite deben ser tipo flotador y deben ser ajustados con una tuerca protectora, apropiada para prevenir daños. Deben ser construidos de manera que no existan filtraciones de aceite.

b) Los indicadores se deben fijar en lugares convenientes para la inspección, aun cuando estén funcionando.

c) Los niveles límite de aceite, normales, altos o bajos, deben accionar una alarma.

d) El relevador de aceite debe ser exacto y seguro en su operación.

Se requieren:

- flotadores para tanque de aceite del regulador,
- acumulador de aceite del regulador.

5.3.16.6 Tacómetros

Los tacómetros se deben conectar a circuitos de acoplamiento, para indicar la velocidad de la turbina desde 0 %, hasta 160 % de la nominal. Incluir además calibradores de ajuste, escala graduada en r/min y porcentaje de velocidad.

5.3.16.7 Otros instrumentos de control

Adicionalmente se deben considerar los instrumentos y medidores que se indican a continuación:

- escala para medición de desgaste del estopero,
- escala en el anillo de regulación para medir apertura de las paletas (graduada en %),
- contador de horas de operación, del tipo digital,
- indicador de posición del distribuidor, de 0 % a 100 %.

NOTA:

Los instrumentos antes mencionados, son parte integrante de un sistema del que también forman parte los que se suministran con cada sistema o equipo asociado con las turbinas hidráulicas, y que se describen en las normas de referencia NRF-077-CFE y NRF-079-CFE y las especificaciones CFE X0000-30, CFE GA4L0-54, CFE 017PH-12, y CFE W4200-12.

5.3.17 Recubrimientos anticorrosivos y pintura

Los recubrimientos anticorrosivos y pintura de acabado que se apliquen a equipos y accesorios, excepto las superficies maquinadas, se deben ajustar a lo establecido en las especificaciones CFE D8500-01, CFE D8500-02,

CFE D8500-22 y CFE L0000-15. Si el proveedor propone la aplicación de alguna norma o procedimiento diferentes a los mencionados, éstos deben ser sometidos a revisión y aprobación por parte de la CFE.

El proveedor debe suministrar toda la pintura y el material necesarios para su aplicación en el sitio, incluyendo la que se requiera para retocar y reponer la pintura que resulte dañada durante las maniobras de transporte, almacenaje y montaje, o por otros motivos y para las reparaciones necesarias. Asimismo, debe proporcionar una cantidad adicional, no menor al 15 % de la pintura total utilizada.

Las superficies maquinadas se deben proteger desde la fábrica, con barniz o con algún compuesto apropiado para evitar la oxidación.

5.3.18 Servicios de montaje y puesta en servicio

Los servicios de montaje y la puesta en servicio, deben estar incluidos en el monto de la propuesta y apegarse a lo establecido en las bases de la licitación.

El proveedor de la turbina es responsable del correcto ensamblado del rodete con la flecha del generador, el cual se debe realizar y cumplir con lo que establece la referencia [14], capítulo 12 de esta especificación.

El rectificado de los barrenos debe ser realizado en el sitio, después de lograr la posición final de las dos bridas.

Debido a la interrelación que tiene la turbina con otros equipos auxiliares y con la obra civil, la CFE requiere la participación de personal del proveedor de la turbina, durante las reuniones de trabajo, y para el intercambio de información con los fabricantes de otros equipos que integran el grupo turbina-generador, como pueden ser el arreglo físico, la compatibilidad de los equipos y, en general, asuntos que surjan durante la etapa del montaje y la puesta en servicio.

5.3.19 Sistemas auxiliares

a) Sistema de drenaje y achique.

Se debe implementar un sistema para drenaje y achique, que incluya dos bombas accionadas por motor de corriente directa, para desalojar el agua que se acumule en la zona interior de la turbina, proveniente de las fugas del sello de la flecha u otras filtraciones que puedan ocurrir. Este sistema debe contar con las tuberías, válvulas, accesorios y dispositivos necesarios para lograr enviar el agua acumulada, hasta la zona de la casa de máquinas para su recolección en el cárcamo de bombeo, y se debe apegar a lo establecido en la norma de referencia NRF-077-CFE.

b) Requerimientos de agua de enfriamiento.

El sistema de agua de enfriamiento es suministrado por otro proveedor, con base en los requerimientos de los diferentes equipos que integran la central y que deben ser enfriados con agua, por lo que corresponde al fabricante de la turbina, por conducto del proveedor, suministrar la información que corresponde a la turbina, al proveedor del sistema de agua de enfriamiento, para que éste lo considere en su diseño. En su propuesta el licitante debe anotar las partes del equipo que suministra, que necesiten agua para su enfriamiento, las cantidades y condiciones en que se debe suministrar esta agua y de acuerdo con la especificación CFE 017PH-12.

c) Tuberías, válvulas y accesorios.

El proveedor debe suministrar toda la tubería, válvulas, accesorios y soportaría requeridos para la interconexión y correcta operación de todos los equipos y sistemas suministrados.

Las tuberías se deben instalar en tal forma, que no transmitan esfuerzos al equipo. El proveedor debe definir, con base en el diseño, la ruta de las tuberías, para permitir desmantelarlas en el menor tiempo posible. Debe suministrar e instalar toda la tubería de interconexión, entre las bombas de aceite, tanque colector, tanque a presión, servomotor, actuador, junto con todos los soportes, válvulas y accesorios necesarios. La tubería para equipos a presión, debe ser de acero, sin costura y adecuada para un intervalo de temperatura de 20 °C a 65 °C.

Tuberías mayores de 25 mm de diámetro nominal, deben cumplir con la referencia [2], capítulo 12 de esta especificación, y todas las uniones, deben ser del tipo bridado y atornillado. Tuberías roscadas, pueden ser utilizadas para diámetros nominales de 25 mm y menores. Tuberías de control menores de 12 mm de diámetro, deben cumplir con la referencia [1].

Los accesorios de las tuberías de control, deben cumplir con lo establecido en la referencia [17] del capítulo12 de esta especificación. La velocidad del aceite en las tuberías no debe exceder de 5 m/s.

Las soldaduras en las ramificaciones y curvaturas deben ser realizadas en fábrica, tomando en cuenta los requerimientos para su transporte e instalación.

5.3.20 Otras consideraciones

a) Esfuerzos de trabajo.

El proveedor es responsable de un diseño adecuado, el que se debe basar en coeficientes comprobados en la práctica.

Se deben utilizar amplios factores de seguridad en el diseño, especialmente en aquellas partes sujetas a tensiones alternas, vibraciones, impactos y choques.

b) Todas las piezas de las turbinas deben estar perfectamente maquinadas y listas para ser ensambladas en el sitio, en caso contrario, el licitante debe detallar, con toda claridad en su propuesta, las piezas que requieren ser maquinadas en el sitio y el tiempo necesario para efectuar este trabajo, quedando a juicio de la CFE aceptarlo.

c) En su propuesta el licitante debe adjuntar los planos donde se muestren con detalle, las partes que se suministran en acero inoxidable, para la turbina.

5.3.21 Partes de repuesto y herramientas

5.3.21.1 Partes de repuesto solicitadas por la CFE

Las partes de repuesto solicitadas por la CFE son las que se indican en la tabla 2.

TABLA2 - Partes de repuesto solicitadas por la CFE

Descripción	Unidad	Cantidad
Para la turbina		
Álabes móviles	Juego	1
Bujes autolubricados y empaques para los vástagos de los álabes móviles	Juego	1
Placas de desgaste para paletas		
- superior,	Juego	1
- inferior.	Juego	1
Pernos de ruptura	Juego	1
Para la flecha		
Pernos de acoplamiento:		
- flecha-rodete,	Juego	1
- flecha turbina-generador.	Juego	1
Sellos de la flecha:		
- de carbón,	Juego	1
- de teflón.	Juego	1
Interruptor eléctrico de sobrevelocidad	Juego	1

5.3.21.2 Herramientas

El proveedor debe suministrar las herramientas, como son los dispositivos de izaje, pernos, soportes, tensores, ganchos y accesorios que se requieran para el montaje, inspección y mantenimiento de los equipos suministrados, tal como se indica en la tabla 3.

Debe proporcionar a la CFE los requerimientos de obra civil que necesite, para la habilitación de los dispositivos y herramientas mencionados.

TABLA3– Herramientas requeridas

Descripción	Unidad	Cantidad
Herramientas, pernos y dispositivos de izaje para el rodete, el cubo y cono del rodete, y la flecha	Juego	1
Herramientas especiales para desmontar los álabes directrices y mecanismos de regulación	Juego	1
Soportes para montaje del rodete con placas de cimentación	Juego	1
Herramientas especiales requeridas para el montaje y desmontaje del rodete, el cubo y cono del rodete	Juego	1
Dispositivos para efectuar los acoplamientos	Juego	1
Herramientas especiales o dispositivos para ensamble de tuberías de aceite	Juego	1

5.4 Suministro sujeto a ser confirmado en las Características Particulares

a) Preparaciones para que la unidad opere como condensador síncrono.

b) Preparaciones para el monitoreo de vibraciones.

5.4.1 Preparaciones para operación como condensador síncrono

Se deben realizar las preparaciones necesarias y suministrar las tuberías, conexiones, accesorios, válvulas y el equipo eléctrico, tanto de fuerza, como de control, para que la turbina pueda operar como condensador síncrono. En las **Características Particulares**, se define si es requerido el equipamiento completo para efectuar esta operación, en cuyo caso, el suministro se debe sujetar a lo establecido en la norma de referencia NRF-079-CFE

5.4.2 Preparaciones para el monitoreo de vibraciones

El proveedor de la turbina debe prever en su diseño, los soportes para fijar los sensores del sistema de monitoreo de vibraciones, el cual, de ser requerido por la CFE, se debe realizar en coordinación con el proveedor del generador eléctrico, y de acuerdo a lo establecido en el Apéndice B de la especificación CFE W4200-12.

6 CONDICIONES DE OPERACIÓN

6.1 Tipo y uso

Las turbinas hidráulicas de eje vertical con carcasas espiral y/o semiespiral, y rodete tipo Kaplan, se requieren para la generación de energía eléctrica y eventualmente, para operar como condensador síncrono.

6.2 Control a distancia de la Central Hidroeléctrica

Las unidades deben ser operadas automáticamente, tanto en forma local, como remota. La central debe estar diseñada para que las unidades generadoras operen normalmente y puedan ser arrancadas las veces que sea necesario en el día. Se debe apegar a lo establecido en el SCAAD.

Para lograr lo anterior, el proveedor debe suministrar cada turbina, con todos los sistemas principales y auxiliares, los elementos indispensables que permitan el control automático antes mencionado, incluyendo motores, servomotores, cables, tuberías, accesorios y los soportes necesarios para la interconexión de todas las partes que la integran.

El proveedor de la turbina se debe coordinar con el fabricante del SCAAD, para la instalación y conexión del módulo remoto de entrada-salida, el cual es parte del suministro del SCAAD y mediante el cual, se deben llevar las señales al autómata de la unidad.

Todas las señales deben estar alambradas a tablillas localizadas en la caja de conexiones del generador. Las señales analógicas que se proporcionan en las tablillas antes mencionadas, deben ser de 4 mA a 20 mA, y para las digitales, se solicitan contactos secos (sin tensión), con capacidad acorde con la aplicación correspondiente y congruente con el rango de tensión especificado.

El PLC de la turbina debe tener un puerto de salida para conectarse con el CPU de la planta; con el protocolo de comunicación de éste, sea RS232 o RS486, según las necesidades de operación de los equipos de la turbina, y los requerimientos de los PLC's.

Para coordinar el envío, localización, distribución de la información e interconexión antes indicada, es necesario remitirse a la especificación del SCAAD.

6.3 Ruidos y vibraciones

6.3.1 Ruidos

Para todas las condiciones de operación, la turbina, sus equipos auxiliares y componentes deben funcionar sin producir ruidos nocivos, no deben exceder los límites establecidos en las normas NOM-011-STPS, NOM-081-SEMARNAT e ISO 1999.

6.3.2 Vibraciones

Los valores máximos de las vibraciones en la flecha, no deben exceder a lo establecido en las normas ISO 7919-1 e ISO 7919-5 y los de la vibración en la cubierta de las chumaceras, se deben verificar de acuerdo con lo establecido en las normas ISO 10816-1 e ISO 10816-5.

El proveedor debe fabricar el equipo, con las previsiones necesarias para conectarse al sistema de monitoreo de vibraciones (equipo suministrado con el generador, cumpliendo con lo descrito en el Apéndice B, de la especificación CFE W4200-12), considerando todas las partes rotatorias del grupo turbina-generador.

6.3.3 Frecuencia de operación

En todas las condiciones de operación, se deben evitar las condiciones que produzcan el fenómeno de resonancia, lo cual se debe estudiar y mostrarse en una gráfica, con los comentarios correspondientes.

6.4 Sobrepresión, sobrevelocidad y velocidad de desboque

El diseño debe considerar y no sobrepasar los límites de sobrepresión, sobrevelocidad, velocidad de desboque y los tiempos de cierre y apertura del distribuidor; los cuales son determinados por el diseño hidráulico, con base en el arreglo y otras características de la tubería a presión; esta información se proporciona en las **Características Particulares.** Se debe evitar la resonancia de cualquiera de los componentes de la turbina y del generador.

6.5 Cierre del distribuidor

El cierre del distribuidor, independientemente del motivo que lo origine, debe ser lineal, con una sola pendiente, desde el 100 % de apertura de las paletas, hasta el punto de cierre total especificado en cada condición particular, intersectado únicamente por el amortiguamiento necesario del final del cierre, utilizado para disminuir impactos y desgaste de las partes mecánicas. No se aceptan cierres con dos o más pendientes (ni dobles ni triples).

7 CONDICIONES DE DESARROLLO SUSTENTABLE

El proveedor debe tomar en cuenta, desde la etapa del diseño de la turbina Kaplan y sus equipos auxiliares, las condiciones dedesarrollo sustentable, establecidas en las normas nacionales e internacionales vigentes, que debe acatar en los lugares de trabajo durante las maniobras de entrega del equipo, el almacenaje, el montaje, las pruebas, la operación y el mantenimiento, lo que queda sujeto a ser verificado por el personal asignado por la CFE.

Si derivado de las actividades que desarrolle el proveedor, por la aplicación de esta especificación.

- se llegara a generar alguna contingencia o incumplimiento ambiental, la CFE lo puede subsanar, pero con cargo al proveedor,

- si se llegaran a generar residuos peligrosos de manejo especial o tipo municipal, el proveedor tiene la obligación de manejarlos, con estricto apego a la normativa ambiental vigente establecida para cada tipo de residuo,

- si se producen aguas residuales tipo industrial o doméstico, el proveedor tiene la obligación de manejarlas con estricto apego a la normativa ambiental vigente establecida para cada tipo de agua residual.

8 CONDICIONES DE SEGURIDAD INDUSTRIAL

El proveedor debe considerar, desde la etapa del diseño, la normativa que se debe aplicar, para cumplir con las condiciones de seguridad industrial y los requisitos de seguridad que se deben cumplir durante los procesos de montaje, de pruebas, operación y mantenimiento de la turbina Kaplan y equipos auxiliares, conforme a lo establecido en las normativas nacional e internacional vigentes, lo que queda sujeto a ser verificado por el personal asignado por la CFE.

9 CONTROL DE CALIDAD

9.1 Generalidades

a) Las actividades relacionadas con este capítulo se deben realizar de acuerdo a lo establecido en los procedimientos LAPEM PE-K3000-001 y PE-K3000-003, salvo que la CFE determine otra condición.

b) El proveedor debe presentar un programa de fabricación, de inspección y de pruebas, indicando los puntos de espera, plan de calidad de las componentes más importantes de la turbina, pruebas destructivas y no destructivas realizadas a los materiales de tales componentes, con el objeto de garantizar la calidad de la turbina. Debe proporcionar una relación completa de todas las pruebas que va a realizar, incluyendo las que forman parte de su control de fabricación, las cuales se deben mencionar en las tablas, "Pruebas a realizarse en fábrica" y "Pruebas a realizarse en el sitio", véase el Apéndice B de esta especificación.

c) Debe construir y probar un modelo, que sea homólogo al prototipo que va a suministrar. Las pruebas al modelo son responsabilidad del proveedor y su propósito es el de verificar el diseño hidráulico y las características de operación del prototipo en una etapa temprana, de tal manera que los resultados de las pruebas al modelo, se consideren en la fabricación de dicho prototipo.

d) Los valores obtenidos en las pruebas, se deben tomar únicamente, como indicadores de un adecuado diseño propuesto y no se consideran para aplicación de penalizaciones. Para esto último, los únicos valores considerados legalmente, deben ser los obtenidos en las pruebas a la turbina que se efectúen en el sitio de la instalación.

e) El banco de pruebas, el modelo, la calibración de los instrumentos, la verificación dimensional, la realización de los ensayos, la transposición de valores del modelo al prototipo y la presentación del reporte, deben cumplir con lo estipulado en esta especificación y en la norma IEC 60193.

f) Las secciones de medición de aguas arriba y de aguas abajo, deben corresponder con las secciones de referencia indicadas en las **Características Particulares**.

g) Se consideran dos etapas de pruebas, la primera de ellas, es la que efectúa el fabricante y la segunda, la que atestigua el personal de la CFE. Las pruebas se deben realizar en un laboratorio que haya sido diseñado y funcione conforme a lo establecido en la norma IEC 60193.

h) El intervalo de la prueba debe cubrir, como mínimo, desde el 95 % de la caída mínima, hasta el 105 % de la caída máxima y desde el 35 %, hasta el 105 % de la potencia establecida para cada caída.

i) En el sistema de adquisición de datos, del banco de pruebas, se debe prever un puerto para que la CFE conecte un equipo de cómputo, durante las pruebas atestiguadas.

j) El proveedor debe presentar certificados de calibración vigentes del equipo de medición, los cuales deben cumplir con lo establecido en la norma IEC 60193, así como los documentos que certifiquen la calificación del personal que realice los ensayos no destructivos (END) y los correspondientes a los soldadores, de acuerdo a lo establecido en las referencias [3] y [5] capítulo 12 de esta especificación.

En el caso de las turbinas Kaplan de la CFE, el criterio de aceptación de la fundición es la Clase I.

9.2 Contenido de la Información

El reporte preliminar debe incluir como mínimo lo siguiente:

- lista de datos principales correspondientes al prototipo y al modelo,
- descripción del banco de pruebas,
- dibujos del modelo,
- descripción de la instrumentación, incluyendo métodos de calibración,
- determinación de la banda de incertidumbre,
- protocolos de la calibración de instrumentos,
- tablas de valores obtenidos durante las pruebas,
- fotografías,
- gráficas de comportamiento,
- protocolos de control dimensional.

El reporte final debe incluir, adicionalmente y como mínimo, lo siguiente:

- actas de inicio y conclusión de las pruebas,
- minutas.

La cantidad de ejemplares y tiempo de entrega de la información solicitada, se indica en el Apéndice A de esta especificación

Las gráficas correspondientes a la prueba de cavitación, deben mostrar, para cada punto de potencia y caída ensayado, la forma en que varían el caudal, la potencia y la eficiencia, conforme se reduce el valor de σ, se deben marca los valores de σ planta y σ crítico.

Las gráficas correspondientes a los valores escalados, se deben mostrar en coordenadas de potencia, contra caída, curvas de eficiencia constante, apertura constante y caudal constante, además en coordenadas de caudal contra caída, curvas de eficiencia constante, apertura constante y potencia constante. En estas gráficas se debe mostrar una curva que marque el límite de operación sin cavitación, para una elevación del agua en el desfogue, correspondiente

al caudal nominal de una unidad y otra con una elevación del agua en el desfogue correspondiente al 50 % del caudal nominal de una unidad.

9.3 Pruebas en Fábrica

Las mínimas requeridas por la CFE, son las que se citan a continuación, además de las pruebas normales que forman parte de su control de calidad, durante el proceso de fabricación. Se debe confirmar a la CFE con sesenta días de anticipación, las fechas en que se van a llevar a cabo las pruebas, con objeto de programar la asistencia del personal asignado.

9.3.1 Pruebas hidrostáticas

A las partes que van a funcionar a presión de agua, aceite o aire, se les deben realizar pruebas hidrostáticas a un valor de 1,3 veces la presión máxima de diseño, por una hora, y son las siguientes:

- a presión de agua: carcasa y cambiadores de calor,
- a presión de aceite: tanque de aceite a presión, servomotores de las paletas reguladoras, álabes del rodete y tuberías,
-
- a presión de aire: tanque de aire,
- estas pruebas se deben apegara las referencias [4] y [5] del capítulo 12 de esta especificación.

9.3.2 Inspección del ensamblado de la turbina

Las turbinas deben ser preensambladas hasta donde sea posible en la fábrica. Después de la terminación del preensamble, se deben verificar las dimensiones siguientes:

- dimensión principal de cada componente, especialmente de antedistribuidor, paletas directrices, álabes del rodete,
- holgura del rodete y paletas reguladoras,
-
- ángulo de giro de las paletas reguladoras y álabes del rodete,
- recorrido del servomotor y su relación para abrir las paletas reguladoras,
- rugosidad de la flecha, rodete y paletas,
- ensayos no destructivos como mínimo:
  . ultrasonido (U.T.) para la flecha, para el acoplamiento, para todos las paletas, y para las soldaduras.
- radiografía (R.T.) para soldadura,
-
- líquidos penetrantes (P.T.) para soldaduras y fundiciones,
- partículas magnéticas (M.T.) para la flecha,
- pruebas destructivas.

Las partes que no se pueden medir durante el pre-ensamblado, se deben medir después de que hayan sido desensambladas.

En caso de tratarse de una carcasa semiespiral, se debe eliminar la columna denominada “carcasa espiral”. Esto, debido a que en este caso, la carcasa semiespiral es de concreto y no de acero.

9.3.3 Pruebas a los materiales

Es responsabilidad del proveedor, verificar que todos los materiales que forman parte de la turbina y equipos auxiliares, hayan sido fabricados de acuerdo a las normas que,para ellos, se determinan en esta especificación.

Estos materiales deben ser probados de acuerdo a lo establecido en las normas correspondientes. El proveedor debe proporcionar el resultado de las pruebas realizadas y los certificados de las mismas.

Las pruebas que, como mínimo, se le deben hacer a los materiales, se indican en la tabla 4.

9.3.4 Pruebas a la soldadura

La soldadura aplicada en las partes principales, se debe avalar con ensayos hechos con los materiales y con la soldadura empleada, por medio de probetas que se deben someter a pruebas para determinar el esfuerzo al corte,el límite de cedencia y el doblez a 180°, siguiendo los procedimientos establecidos en la referencia [5] del capítulo 12 de esta especificación.

9.3.5 Pruebas al modelo

El proveedor debe construir y probar el modelo que debe ser homólogo del prototipo que propone suministrar. Las pruebas se deben realizar de acuerdo con la norma IEC 60193 de las cuales debe enviar a la CFE los reportes correspondientes.

El proveedor debe informar a CFE, con la debida anticipación, acerca del inicio de las pruebas al modelo.

Las pruebas que la CFE solicita se hagan al modelo, son las siguientes:

- eficiencia,
- cavitación,
- velocidad de desboque e identificación de posición de marcha en vacío,
- pulsaciones de presión en el tubo de aspiración,
- variación del par motriz en la flecha,
- empuje axial,
- par hidráulico actuante sobre las paletas directrices,
- calibración de tomas “Winter – Kennedy”.

Con el objeto de optimizar el flujo de agua a través de la turbina, el proveedor debe simular, por medios computacionales y técnicas como el CFD (Computacional Fluid Dynamics), el paso de dicho flujo, en los componentes de la turbina como son, tubo de aspiración, carcasa, rodete y desfogue.

a) Prueba de eficiencia.

Las pruebas de eficiencia se deben realizar con una caída mínima de 16 m y con una σ mayor a la σ de la planta.

Las gráficas correspondientes a los valores obtenidos durante las pruebas de eficiencia, deben mostrar las curvas de apertura constante, en coordenadas $\eta 11$, contra Q11 y en coordenadas η contra Q11.

b) Prueba de cavitación.

La prueba para detectar cavitación se debe efectuar para las caídas de diseño, máxima y mínima y para los valores de 100 % de la potencia. Estas pruebas se deben realizar en igualdad de número de “Froude”, excepto en caso de que, para cumplir con esta condición, la caída de prueba resulte menor de 10 m.

Para cada punto seleccionado se debe determinar la variación de la eficiencia, el caudal y la potencia, conforme se reduce el valor de $\boldsymbol{\sigma}$, desde un valor superior al $\boldsymbol{\sigma}$ de la planta, hasta cuando la cavitación se hace evidente.

Las gráficas correspondientes a la prueba de cavitación, deben mostrar, para cada punto de potencia y caída ensayado, la forma en que varían el caudal, la potencia y la eficiencia, conforme se reduce el valor de $\boldsymbol{\sigma}$; se deben marcar los valores de $\boldsymbol{\sigma}$ planta y de $\boldsymbol{\sigma}$ crítico.

El rodete debe funcionar sin cavitación excesiva, por un periodo no menor a 8 000 h, o dos años de operación, el que resulte menor desde la fecha de la aceptación provisional del equipo y de acuerdo a lo establecido en la norma IEC 60609-1.

c) Velocidad de desboque e identificación de posición de marcha en vacío.

Se debe determinar la velocidad de desboque para diferentes puntos que van desde la máxima apertura del distribuidor, hasta la apertura correspondiente a la marcha en vacío.

La caída utilizada para esta prueba debe ser como mínimo 16 m.

d) Pulsaciones de presión en el tubo de aspiración.

Se deben medir en el modelo, las amplitudes y las frecuencias de las pulsaciones de presión, en todo el intervalo de la prueba. La presión debe ser medida en la carcasa espiral y en dos niveles diferentes del cono del tubo de aspiración, uno cerca del rodete y otro más abajo como se muestra en la figura 2. Para cada nivel del cono, la presión debe ser medida por medio de dos transductores ubicados, uno frente al otro.

Estas pruebas se deben realizar en igualdad de número de “Froude”, excepto en el caso de que para cumplir con esta condición, resulte una caída de prueba menor de 10 m.

Durante estas pruebas, se debe verificar la influencia del valor de $\boldsymbol{\sigma}$, en las pulsaciones que ocurren en el tubo de aspiración. Se deben realizar pruebas sin aire y con inyección de aire, para observar el comportamiento en ambos casos.

e) Variación del par motriz en la flecha.

Deben ser medidas, la amplitud y la frecuencia de la variación del par torsional en la flecha de la turbina.

f) Empuje axial.

Se debe realizar la medición del empuje axial, para la caída máxima y 100 % de potencia.

g) Par hidráulico actuante sobre las paletas.

Se debe medir el par hidráulico actuante sobre seis (6) paletas directrices, divididos en dos (2) grupos, el primer grupo comprende la paleta directriz correspondiente al pico de la carcasa y los dos adyacentes y el segundo grupo comprende las tres paletas situadas a 180° de las del primer grupo.

Se debe efectuar primero un conjunto de mediciones (5 como mínimo) que abarque desde la posición completamente cerrada del distribuidor, hasta la máxima apertura del distribuidor, con todas las paletas directrices sincronizadas.

Con la paleta directriz, correspondiente al pico de la carcasa, bloqueado en distintas posiciones (5 como mínimo), se debe efectuar un conjunto de mediciones (5 como mínimo) abarcando, para las demás paletas sincronizadas, desde la posición completamente cerrado del distribuidor, hasta su máxima apertura. El procedimiento anterior se debe repetir bloqueando la paleta directriz, situado a 180 ° del pico de la carcasa.

h) Calibración de tomas "Winter – Kennedy".

Durante las pruebas al modelo, se debe determinar el coeficiente, para obtener los valores de caudal en el prototipo, por el método de “Winter-Kennedy”.

Se deben entregar, para aprobación del LAPEM o quien la CFE designe, los programas, descripción y diagramas de las instalaciones de prueba y del modelo, así como el procedimiento de prueba completo.

Se deben entregar al LAPEM o quien la CFE designe los reportes preliminares con anticipación a la realización de las pruebas atestiguadas y los reportes de prueba finales, 15 días después de concluidas las pruebas atestiguadas.

9.3.6 Pruebas al prototipo

a) Generalidades.

Para testificar las pruebas el proveedor debe informar al LAPEM o quien la CFE designe, con anticipación, la fecha de inicio y presentarle los reportes de todas las pruebas realizadas.

Los resultados del CFD se compararán con las mediciones del prototipo en idénticos lugares para validar el modelo numérico considerando que el fin del CFD es optimizar el mejor diseño de los perfiles en el distribuidor, rodete, carcasa espiral, tubo de aspiración entre otros.

TABLA 4 - Controles de calidad en fábrica

Componente Y control	Carcasa espiral	Antedistribuidor	Paletas del distribuidor	Rodete	Flecha	Tubo de aspiración	Turbina completa
Composición química	[8] (Gr.70)	[8] (Gr.70)	[11] (CA6NM)	[11] (CA6NM)	[10] (Gr G)	[8]	
Propiedades mecánicas	[8] (Gr.70)	[8] (Gr.70)	[11] (CA6NM)	[11] (CA6NM)	[10] (Gr G)	[8]	
Tratamientos térmicos	[8] (Gr.70)	[8] (Gr.70)	[11] (CA6NM)	[11] (CA6NM)	[10] (Gr G)	[8]	
Calificación de soldadores referencia [5]	si	si		[11] (CA6NM)		[8]	
Calificación de procedimientos de soldadura referencia [5]	si	si		[11] (CA6NM)		[8]	
Relevo de esfuerzos referencia [5]	si	si		[11] CA6(NM)		[8]	
Líquidos penetrantes referencia [3]				Si			
Partículas magnéticas referencia [3]	si	si		si		[8]	
Radiografía referencia [3]	spot	spot					
Ultrasonido referencia [3]	si	si	si		si		
Inspección visual y dimensional (planos)	si	si	si	si	si	si	si
Prueba hidrostática referencia [4]	si						
Pruebas de comportamiento							IEC 60193 e IEC 60545
Balanceo				si ISO			

NOTA: Los números indicados en corchetes corresponden a las referencias del capítulo 12 de esta especificación.

b) Pruebas a la soldadura.

El proveedor debe realizar pruebas en todas las soldaduras realizadas, con base en lo establecido en las referencias [3] y [5] del capítulo 12 de esta especificación.

c) Pruebas de ensamble.

El proveedor es responsable, de que se realice el preensamble en la mayor parte posible de partes, en la fábrica, debiendo realizar las pruebas de verificación de acabados, holguras y ajustes que correspondan.

9.4 Pruebas en Sitio

9.4.1 Generalidades

El proveedor es responsable de que se efectúen las pruebas preliminares y definitivas durante el montaje y la operación de cada uno de los equipos y sistemas, con los que debe demostrar que éstos cumplen con las especificaciones y garantías ofrecidas, para lograr una operación completa y adecuada, de acuerdo con la propuesta presentada y aceptada.

El proveedor debe considerar, como su suministro, la realización de la prueba de eficiencia en el sitio a una de las turbinas, según lo prescribe la norma IEC 60041, utilizando sus propios equipos y personal especializados. La CFE se limita a actuar como inspector.

El proveedor debe presentar al LAPEM o quien la CFE designe, los reportes de todas las pruebas realizadas.

Las pruebas deben demostrar que la turbina está de acuerdo con las especificaciones y garantías ofrecidas y que si está apropiadamente diseñada, fabricada, instalada y ajustada.

Cualquier falla que surja durante las pruebas, debe ser inmediatamente corregida, hasta obtener un grado óptimo de aceptación por parte del LAPEM o quien la CFE designe.

Las pruebas que se realizan en el sitio, se deben apegar a un programa elaborado por el coordinador de puesta en servicio, designado por la CFE y por los supervisores del proveedor.

Con la participación conjunta, del LAPEM o quien la CFE designe y del proveedor, se deben efectuar durante el montaje y bajo la responsabilidad del mismo proveedor, las pruebas de aceptación de todos los equipos descritos en esta especificación.

A continuación se enumeran algunas de las pruebas que se deben efectuar, la totalidad de las mismas debe quedar definida dentro del programa de puesta en servicio.

a) Revisiones del alineamiento y rotación en seco.

b) Funcionamiento mecánico.

c) Medición del cabeceo del eje en un intervalo completo de cargas y velocidades.

d) Pruebas en presión diferencial en los servomotores en un intervalo de cargas.

e) Revisión de temperaturas de los cojinetes.

f) Pruebas de sobre-velocidad, ajustando si es necesario los interruptores correspondientes.

g) Sincronización y aplicación gradual de carga.

h) Rechazos de carga a 25 %, 50 %, 75 % y 100 % de la misma.

i) Pruebas en parada de emergencia.

j) Pruebas de parada rápida.

k) Prueba de rodado sin carga y sin excitación.

l) Prueba de operación continúa.

m) Prueba de eficiencia de la turbina.

n) Determinación e investigación de vibraciones objetables, oscilaciones en la presión y en la potencia, o ruidos en determinada condición de operación, corrientes parásitas y cualquier otra condición anormal que se presente.

9.4.2 Pruebas a la turbina

Las pruebas que se deben efectuar a la turbina, son las indicadas a continuación:

a) Inspección de toda la soldadura realizada en el sitio.

b) Realizar pruebas hidrostáticas a una presión de 1.3 veces la presión máxima de trabajo y por una hora como mínimo, a carcasas espiral (o semiespiral), al antedistribuidor y en general a los circuitos de los sistemas auxiliares de aire, agua y aceite a presión de acuerdo a lo establecido en la referencia [4] del capítulo 12 de esta especificación.

c) Verificación de holguras de: los cojinetes guía de los álabes del rodete con respecto al anillo de descargay las paletas reguladoras con respecto a la tapa superior y superficie inferior

d) Revisiones de alineamiento y rotación en seco.

e) Revisión del alineamiento de las flechas.

El alineamiento de las flechas de la turbina y del generador, se debe efectuar de acuerdo a lo descrito en el inciso 5.3.12.1 de esta especificación. Después del acoplamiento de la flecha, se deben efectuar mediciones en más de tres posiciones, alrededor de los ejes principales, por ejemplo: en el eje del generador, en el propio acoplamiento y en el eje de la turbina a una velocidad baja y en un amplio intervalo de cargas y velocidades, debiendo el proveedor entregar a la CFE el reporte correspondiente.

f) Funcionamiento mecánico.

Medición del cabeceo de la flecha en un intervalo completo de cargas y velocidades.

g) Relación entre la carrera del servomotor y la apertura de las paletas reguladoras.

h) Determinación de las aperturas de las paletas reguladoras para el arranque y a velocidad nominal sin carga.

La turbina debe ser puesta en marcha por medio de control manual y las aperturas de las paletas reguladoras para puesta en marcha y el funcionamiento sin carga, deben ser determinadas por la secuencia automática de control.

i) Ajuste del regulador de velocidad.

El regulador de velocidad debe ser ajustado para realizar correcta y satisfactoriamente las operaciones requeridas.

j) Pruebas de presión del sistema de aceite de regulación.

Cada unidad de bombeo debe ser probada para determinar que esté operando satisfactoriamente. Las pruebas deben incluir los ajustes necesarios de las válvulas de seguridad, válvulas descargadoras, relevadores de presión de aceite y mecanismos automáticos, indicadores de nivel, pruebas de operación continúa y pruebas sucesivas.

k) Pruebas de presión diferencial en los servomotores, en un intervalo completo de cargas.

l) Prueba de las chumaceras al rodado de la máquina.

Después de admitir el agua en la conducción, el grupo turbina-generador, debe ser arrancado por control manual y las chumaceras deben ser probadas a baja temperatura con velocidades intermedias y de régimen.

m) Mediciones de juegos mecánicos, dimensiones y calibres, niveles, carreras, a todos los equipos.

n) Revisiones funcionales de los equipos auxiliares y dispositivos de protección, incluyendo la calibración de todos los medidores e instrumentos a todos los equipos.

o) Prueba de sobre-velocidad y si es necesario, ajustar los interruptores correspondientes.

p) Sincronización y aplicación de carga.

q) Rechazo de carga a 25 %, 50 %, 75 % y 100 % de la potencia nominal.

r) Prueba de parada de emergencia.

s) Prueba de parada rápida.

t) Prueba de rodado sin carga y sin excitación.

u) Prueba de operación continúa.

v) Prueba de eficiencia de la turbina de acuerdo con el inciso 9.4.3.

w) Investigación de las vibraciones objetables, oscilación en la presión y potencia o ruidos para alguna condición de operación.

9.4.2.1 Las siguientes pruebas se deben realizar al grupo completo

Curvas de desaceleración - tiempo-r/min, con o sin excitación del generador, desde la velocidad síncrona, hasta una velocidad de 20 % (punto normal de aplicación del freno) y desde ahí hasta la detención total.

a) Desviaciones del eje medidas en la chumacera guía de la turbina, en el acoplamiento de la flecha con la chumacera de carga, (o combinada de carga-guía), en la chumacera guía del generador y la excitatriz, para cada 10 % de apertura del distribuidor, entre la posición de apertura de marcha en vacío y el 100 % de la apertura.

b) Lecturas de potencia contra apertura del distribuidor, para cada 5 % de apertura, entre el 25 % y el 100 %.

c) Pruebas de sobrepresión en la carcasa refiriendo la presión, al tiempo de cierre del regulador y la máxima velocidad en r/min, para cada apertura del distribuidor al 25 %, 50 %, 75 % y 100 % de apertura.

9.4.3 Pruebas de eficiencia de la turbina

El proveedor debe efectuar las pruebas al prototipo para verificar los valores de eficiencia real de la turbina. Las pruebas se deben realizar en la turbina que designe la CFE, por el método de molinetes y con base en la norma IEC 60041. En caso de no ser satisfactorios, los resultados obtenidos, deben ser considerados, como base para la aplicación de las penalizaciones correspondientes, por lo que las pruebas deben ser presenciadas y supervisadas por personal de la CFE. En caso de no estar de acuerdo con los resultados obtenidos, las pruebas deben ser efectuadas nuevamente, con la presencia de un inspector independiente.

El proveedor es el responsable de la realización de las pruebas, por lo que debe considerar, en el costo de su propuesta, la participación de personal especializado, así como el alquiler de todos los equipos, accesorios y materiales, su transporte y su montaje. Únicamente se requiere su alquiler y no su compra.

Las pruebas se deben iniciar en el menor tiempo posible, después de que la unidad generadora esté en condiciones de entrar en servicio y de que haya suficiente agua en el vaso para obtener la caída neta lo más cercano a su diseño y dentro del intervalo permitido por la norma IEC 60041.

Si por algún motivo, en el momento de la prueba, no se dispusiese de la caída neta de diseño, se debe realizar dicha prueba, aplicando a los valores obtenidos el factor de corrección que se estipule previamente y de no haber acuerdo, lo que fije el inspector independiente.

El proveedor debe presentar, para aprobación de la CFE, lo siguiente:

Procedimiento de prueba, lista detallada de los equipos e instrumentos de medición, con sus certificados de calibración vigentes, dibujos del arreglo de la instalación, las previsiones que se requieran para la instalación de los dispositivos y aparatos de medición.

La realización de las pruebas deben ser presenciadas y supervisadas por personal del LAPEM; y utilizando el método que se establece la norma IEC 60041.

Los resultados obtenidos son determinantes en la aplicación de las penalizaciones que se hayan establecido en el contrato y en las bases de la licitación.

Si por alguna causa, la CFE y el proveedor, no estuvieran de acuerdo en algún resultado, la decisión del inspector independiente debe ser aceptada como definitiva e inapelable.

Antes de realizar la prueba, el proveedor debe enviar lo siguiente:

a) Lista detallada de todos los equipos que utiliza, incluyendo dibujos y descripción de los mismos para recabar la autorización de CFE.

b) Descripción exacta del procedimiento que pretende utilizar, para obtener la aceptación de la CFE.

c) El proveedor debe considerar en sus diseños y solicitar a la CFE que incluya en los suyos, todas las previsiones necesarias para la colocación de los aparatos de medición que son necesarios para la realización de esta prueba.

9.4.3.1 Pruebas al regulador de velocidad

Las pruebas para aceptación preliminar del funcionamiento deben ser realizadas de acuerdo con la especificación CFE GA4L0-54.

9.4.3.2 Información acerca de las pruebas

Debe ser de acuerdo a lo establecido en la norma IEC 60193.

Los valores del modelo que han sido escalados, deben servir únicamente como índice de la efectividad del diseño propuesto y no deben tener ningún valor en cuanto a aplicación de penalizaciones o para aceptación del equipo.

Los únicos valores válidos legalmente, deben ser los garantizados en la propuesta para pruebas reales, los cuales se deben comprobar mediante las pruebas correspondientes en el lugar de la instalación. Para propósitos de verificación de las eficiencias garantizadas, la eficiencia determinada por las pruebas de campo, se considera exacta, dentro de un margen de ± 0.5 %.

Se deben entregar curvas que muestren: las aperturas permisibles de las paletas reguladoras para varias elevaciones del desfogue, entre los niveles mínimo y máximo, sobre el intervalo completo de las cargas del prototipo. Se debe permitir un margen de seguridad arriba del obtenido del σ crítico.

Con los valores de velocidad máxima de desboque del prototipo, para caída máxima y la relación de velocidad de desboque, carga y gasto, así como el empuje hidráulico producido para el prototipo, con el intersticio de diseño de los anillos de descarga, el proveedor debe entregar como mínimo las siguientes gráficas para el prototipo, para caídas máxima y mínima de diseño:

- curvas de eficiencia esperada,
- gráfica de relación potencia (MW)-eficiencia, indicando potencia máxima y valores de operación normal de sobrecarga y carga baja, así como tiempos de operación en horas recomendadas como máximos para los valores fuera de lo normal,
- curvas de gasto esperado,
- gráfica de relación apertura de las paletas reguladoras-gasto, indicando aperturas máximas y mínimas,
- curvas esperadas de velocidad de desboque,
- gráfica de relación caída neta - velocidad de desboque, indicando aperturas e intervalos de operación,
- curva esperada de apertura de las paletas reguladoras en operación sin carga,
- gráfica de relación apertura de las paletas reguladoras contra coeficiente $\boldsymbol{\sigma}$, indicando las aperturas para las diferentes caídas,
- curvas de carga de succión crítica,
- gráfica de relación potencia (MW)-carga de succión.

Los parámetros principales, como son la potencia máxima, la máxima apertura de paletas reguladoras y el máximo gasto para las caídas máxima, mínima y de diseño, se deben recopilar en una tabla.

Por medio de las pruebas al modelo, se deben determinar las características de potencia, eficiencia, empuje axial sobre la chumacera de carga, la velocidad de desboque, los límites de cavitación y la estabilidad de la presión, curvas que muestren la amplitud y la frecuencia de las fluctuaciones de presión en el tubo de aspiración, en todo el intervalo de funcionamiento de la turbina, para garantizar que en todas las condiciones de operación, no se originen problemas debido a vibraciones nocivas. También curvas mostrando aperturas de las paletas reguladoras y momentos torsionantes de cierre, desde 0 %, hasta el 100 % de los valores límite de apertura, datos necesarios para cubrir las condiciones de operación del prototipo, en todos los valores de carga, elevación del desfogue y apertura, a menos que se indique otra cosa.

El funcionamiento hidráulico del modelo debe operar con seguridad en todas las condiciones a que sea sometido.

El proveedor debe presentar a la CFE, el resultado del análisis del fenómeno de inestabilidad hidráulica en el tubo difusor de la turbina, las consiguientes oscilaciones del par motor y las pruebas que en caso necesario se hayan hecho en el modelo, buscando medios adecuados para minimizar estos fenómenos con el fin de limitar los efectos de posibles resonancias, entre los fenómenos de inestabilidad hidráulica en el tubo difusor, los sistemas hidráulico y electromecánico.

Las pruebas se deben hacer con varios puntos de operación, y con diferentes valores de σ planta, con el objeto de obtener una visión completa del fenómeno, en todo el campo de funcionamiento de las turbinas.

Como mínimo se deben hacer pruebas de 5 diferentes aperturas de paletas reguladoras con caídas máxima y mínima. Para cada uno de los puntos, el valor de σ debe ser variado alrededor del σ planta con varios niveles de descarga.

10 MARCADO

10.1 Requerimientos Generales

La(s) turbina(s) Kaplan y todas las partes suministradas de acuerdo con lo establecido en esta especificación, deben ser marcados para su identificación, tanto antes, como después de ser embaladas, con el objeto de que sean desembarcadas y almacenadas adecuadamente en el sitio

Se deben definir las marcas, leyendas e identificación que se requiere sean inscritas en un producto, como por ejemplo las leyendas que deben llevar los cables eléctricos o las placas de datos de los quipos principales, las cuales deben ser elaboradas con material anticorrosivo, para cada equipo suministrado.

Las partes deben ser armadas en fábrica y marcarse convenientemente los puntos de ensamble, después de haber hecho las correcciones y los ajustes adecuados y que correspondan a las dimensiones mostradas en los planos. El proveedor debe preparar un diagrama de marcas, indicando claramente la localización de cada sección, marcada y numerada, perteneciente a cada parte correspondiente del equipo, enviando copias a CFE.

En los componentes principales del equipo, deben ir impresos en forma clara e indeleble el nombre o logotipo del fabricante.

Las tuberías y válvulas deben tener marcado el valor de la presión de diseño.

10.2 Placa de Datos

El proveedor debe proporcionar placas de identificación, elaboradas con material anticorrosivo, para cada turbina suministrada. Estas placas se deben colocar en lugar visible, conteniendo la siguiente información básica.

- marca,
- número de serie,
- año de fabricación,
- modelo o tipo,
- número de contrato,
- características de diseño, como son:
  - . potencia nominal,
  - . potencia máxima,
  - . potencia a caída mínima,
  - . gasto máximo,
  - . gasto de diseño,
  - . caída neta máxima,
  - . caída neta de diseño,
  - . caída neta mínima,
  - . velocidad nominal,
  - . velocidad máxima de desboque,
  - . sentido de rotación.

La placa de identificación de los gabinetes debe incluir la siguiente información.

- identificación,
- marca,
- número de serie,
- año de fabricación,
- modelo,
- unidad a la que corresponden.

Los cables se deben marcar conforme a las especificaciones de la CFE pero como mínimo deben incluir la siguiente información.

- fabricante,

- marca,
- sección transversal del conductor,
- tipo de aislamiento,
- tensión permisible.

Las placas de los motores eléctricos deben incluir lo que se indica en la norma NMX-J-075/1-ANCE.

11 EMPAQUE, EMBALAJE, EMBARQUE, TRANSPORTACIÓN, DESCARGA, RECEPCIÓN, ALMACENAJE Y MANEJO

El equipo debe ser embalado y embarcado de acuerdo a lo que se indica a continuación:

El embalaje, embarque, transporte, recepción, y almacenaje se deben realizar de acuerdo a lo estipulado en las normas de referencia NRF-001-CFE y NRF-010-CFE.

En el embalaje del equipo se debe marcar con letras visibles lo siguiente:

- número de serie,
- número de contrato,
- nombre de la instalación (destino)
- previsión de medios de izaje para todos los equipos o elementos de los equipos que deban ser manipulados en la fase de embalaje, transporte y montaje,
- las orejas soldadas a las piezas en la fase de construcción, deben ser conservadas, debiéndose quitar solo después del montaje y pruebas,
- aplicación de protección a bridas, conexiones maquinadas y partes sobresalientes, con madera o lámina,
- tapones en los barrenos roscados,
- las refacciones deben ser empaquetadas separadamente y con cuidado especial, previéndose un periodo de almacenamiento prolongado.

Cada parte de repuesto debe ser identificada con una tarjeta, describiendo la pieza y sus elementos. Se deben prever también condiciones especiales de almacenamiento, en caso de que el equipo lo requiera.

En el interior de cada caja se debe suministrar una copia de la lista de envío en sobre impermeable.

- los equipos que no pueden ser almacenados a la intemperie, deben ser embalados separadamente y la envoltura se debe marcar, "almacenarse al interior",
- fijación en partes que se pueden dañar con las vibraciones durante el transporte,

- fijación de los equipos dentro de las cajas para evitar que las piezas se golpeen entre si durante el transporte,

- las cajas, deben ser de madera con espesor mínimo de 25 mm, construidas con tablas de unión ranurada y protección metálica, en los puntos de contacto con los medios de izaje,

- las cajas para transporte marítimo deben ser revestidas internamente con papel alquitranado y hojas de polietileno,

- los materiales sueltos, los accesorios de grupos mayores y los equipos pequeños, deben ser conservados en sus cajas propias, y así introducidas en las cajas mayores.

El licitante debe señalar en su propuesta, el espacio requerido para el almacenamiento del equipo y las precauciones que se deben tomar.

El proveedor debe instruir a los encargados de efectuar estas actividades, acerca del especial cuidado que deben tener en el manejo y maniobra de los equipos y materiales para evitar golpes, deterioros, ruptura o daños a los mismos.

La CFE se reserva el derecho de aceptar o rechazar cualquier equipo o material que haya sufrido daños en su manejo, maniobras o traslado desde la fábrica hasta el sitio de montaje. Las dimensiones del embalaje mayor se deben limitar a los medios de acceso a la obra (gálibos, carreteras, puentes, túneles, caminos entre otros). El proveedor debe suministrar la lista con los datos del equipo enviado, indicando dimensiones y masas.

12 BIBLIOGRAFÍA

Estas normas determinan las principales características y calidad de productos y materiales,con las que el fabricante debe cumplir, por lo que, de ofrecer un suministro diferente al solicitado, éste debe ser mejor, o por lo menos equivalente al que se indica.

[1] **ANSI B93.11M-1988** Hydraulic fluid power - Line tubing seamless low carbon steel.

[2] **ASME B31.1-2012** Power piping.

[3] **ASME SEC V-2010** Non destructive examination.

[4] **ASME SEC VIII- 2010** Roules for construction of pressure vessels.

[5] **ASME SEC IX-2010** Welding and brazing qualifications.

[6] **ASTM A216- 2012** Standard specification for steel castings, carbon suitable for fusion welding, for high temperature service.

[7] **ASTM A240M- 2012** Standard specification chromium and chromium-nickel, stainless steel plate, sheet and strip for pressure vessels and for general applications.

[8] **ASTM A516-2010** Standard specification for pressure vessel plates, carbon steel for moderate and lower temperature service.

[9] **ASTM A540-2011** Standard specification for alloy - steel bolting materials for special applications.

[10]	**ASTM A668-2004**	Standard specification for steel forgings carbon and alloy for general industrial use.
[11]	**ASTM A743 CA6NM-2012**	Standard specification for castings iron-chromium, iron-chromium-nickel corrosion resistant, for general application.
[12]	**ASTM B23-2000**	Standard specification for white metal bearing alloys (known commercially as "Babbitmetal").
[13]	**CCH 70-3-2006**	Inspection of steel castings for hydraulic machines
[14]	**IEEE 810-1987**	Hydraulic turbine and generator integrally forged shaft couplings and shaft run out tolerances.
[15]	**PE-K3000-001**	Procedimiento técnico para la aceptación y revalidación de prototipos de bienes.
[16]	**PE-K3000-003**	Procedimiento técnico para realizar la inspección y aceptación de bienes.
[17]	**SAE J-514- 2012**	Hydraulic tube fittings.

13 CARACTERÍSTICAS PARTICULARES

Las **Características Particulares** que la CFE proporciona, al solicitar la cotización de las turbinas tipo Kaplan, se incluyen como formato CPE-152, anexo a esta especificación y se complementan con la convocatoria de licitación.

CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL PROYECTO
CENTRAL NUEVA ( ) AMPLIACIÓN ( ) _____ _____ **Capacidad de cada unidad generadora** **Tipo de instalación, exterior ( ) caverna ( )** **Número de unidades generadoras instaladas_____** _____ **Ubicación**

CPE - 152

DESCRIPCIÓN DEL SITIO DATOS GEOGRÁFICOS Y CLIMATOLÓGICOS						
Altitud (ms.n.m.)	**Longitud (grados)**	**Latitud (grados)**	**Zona climática**	**Presión barométrica (kPa)**	**Temperatura ambiente °C**	**Coeficiente sísmico**

Vías de comunicación
Breve descripción:

CPE - 152

CONDICIONES DE SERVICIO

Las características del agua embalsada son las siguientes:

Temperatura máxima _____ °C

Temperatura promedio anual _____ °C

Temperatura mínima _____ °C

Las características del agua de enfriamiento se dan en la especificación CFE 017PH-12

Las condiciones ambientales exteriores a la casa de máquinas son:

Los equipos dentro de la casa de máquinas deben operar adecuadamente bajo las siguientes condiciones ambientales exteriores.

Temperatura máxima _____ °C

Temperatura promedio _____ °C

Temperatura mínima _____ °C

Humedad relativa promedio _____ %

DATOS DE DISEÑO

Elevaciones: (niveles de agua en el embalse)

	Elevaciones en m s.n.m.
Nivel de agua máximo extraordinario (NAME):	_____
Nivel de agua máximo de operación (NAMO):	_____
Nivel de diseño	_____
Nivel de agua mínimo de operación (NAMINO):	_____

Presión hidráulica máxima _____ kPa

Niveles de agua en el desfogue:

Con una unidad rodando en vacío	_____ m s.n.m.
Con una unidad y gasto de _____ m^3/s	_____ m s.n.m.
Con dos unidades y gasto de _____ m^3/s	_____ m s.n.m.
Con avenida máxima probable	_____ m s.n.m.
Cota de la línea de centros del distribuidor	_____ m s.n.m.
Sentido de rotación _____	

Caídas en metros	**Potencias en MW**
bruta máxima _____	Con caída neta máxima _____
neta máxima _____	Con caída neta de diseño _____
bruta de diseño _____	Con caída neta mínima _____
neta de diseño _____	Gasto máximo permisible _____ m^3/s
bruta mínima _____	Gasto de diseño _____ m^3/s
neta mínima _____	Gasto mínimo _____ m^3/s
	Velocidad nominal _____ r/min

Acoplamiento

La turbina debe ser directamente acoplada al generador de las siguientes características

Capacidad nominal :_____ MVA	Número de fases _____
Frecuencia _____ Hz	Tensión _____kV
Factor de potencia _____	Masa _____ t
Velocidad de desboque: _____ r/min	

Cuando la potencia máxima de la turbina sea repentinamente rechazada, la sobrepresión máxima no debe exceder de: _____ kPa

La sobre velocidad no debe ser mayor de, _____ % de la nominal

El momento volante mínimo de la turbina WR^2 es: _____ t m^2

El del generador WR^2 es: _____ t m^2

El momento volante total es _____ t m^2

Frecuencia natural de vibración del sistema eléctrico _____ Hz

Frecuencia natural de la tubería a presión _____ Hz

Presión máxima que da el sistema de aire comprimido _____ kPa

Dimensiones del registro de hombre _____ mm _____ mm

Diámetro y longitud de la tubería de drenaje _____ mm _____ m

Presión sobre la carcasa durante el colado _____ kPa

CPE - 152

Tiempos de cierre y apertura	
Cierre del distribuidor _____ s	Apertura del distribuidor _____ s
Cierre de los álabes del rodete _____ s	Apertura de los álabes del rodete _____ s

Otros datos	
Presión de operación del sistema de aire comprimido _____ kPa	Presión máxima del sistema de aire comprimido _____ kPa
Las fugas de agua , cuando la unidad está fuera de servicio, no deben exceder de _____ l/s	
El espesor mínimo del recubrimiento metálico del foso de la turbina debe ser _____ mm	Espesores del tubo de aspiración _____ mm Del recubrimiento metálico para el tubo de aspiración _____ mm
Del anillo de descarga _____ mm	

Arreglo propuesto para el equipo de aire comprimido

Límites del suministro
Croquis:

CPE - 152

Fórmula de la eficiencia media pesada
ηt =

Localización de la sección de referencia aguas arriba para fines de eficiencia.
_____m aguas arriba de la LC de la unidad.

Localización de la sección de referencia aguas abajo para fines de eficiencia.
_____m aguas abajo de la LC de la unidad.

Tensiones disponibles en la central _____V c.a. _____ V c.d.

Valores de señales analógicas _____ mA

	Otros equipos requeridos:
	Plataformas de acceso para efectuar la inspección del tubo de aspiración. Se requieren, ---------- no se requieren ----------
a)	Preparaciones para que la unidad opere como condensador síncrono. Se requieren __---------- no se requieren _____
b)	Preparaciones para el monitoreo de vibraciones. Se requieren _____ no se requieren _____
c)	Chumaceras: De acuerdo con la especificación CFE X0000-30. De carga ----------_Combinada de carga-guía ---------- Guía de la turbina ----------
d)	Regulador de velocidad _____ de acuerdo con la especificación CFE GA4L0-54.

APÉNDICE A
(Informativo)

INFORMACIÓN TÉCNICA

A continuación se indica, en forma descriptiva, pero no limitativa, la información que el licitante debe entregar a la CFE.

Indicar con toda claridad en los planos, las tolerancias dimensionales, que a continuación se indican:

En los álabes del rodete, entre el anillo de regulación y su soporte, entre los vástagos de las paletas reguladoras y sus soportes, entre éstas y las tapas, en la brida de acoplamiento del rodete, entre el anillo rodante de la chumacera de carga y la flecha de la turbina.

A.1 INFORMACIÓN REQUERIDA CON LA PROPUESTA

Cada uno de los ejemplares de las propuestas que proporciona el licitante, se debe acompañar de la siguiente información:

- Apéndice B de esta especificación, totalmente contestado,
- dibujos preliminares de la turbina y equipos auxiliares (agua, aire y aceite), mostrando arreglo y sus principales dimensiones,
- catálogos, boletines, folletos, instructivos que muestren el equipo, accesorios y sistemas de la turbina,
- dibujos en donde se muestren las partes de acero inoxidable que forman parte del suministro,
- planos y dibujos preliminares con los trabajos de obra civil que se requieran para la instalación de todos los equipos suministrados,
- curvas con los valores de potencia, gasto y eficiencia para las caídas máxima, de diseño y mínima, respectivamente,
- gráficas de potencia mecánica, velocidad y apertura del distribuidor, correspondientes al regulador de velocidad, (respuesta ante el escalón de carga entre el 10 % y el 20 %, considerando bus infinito) modelos y parámetros utilizados en los simuladores, funciones de transferencia, valores disponibles de parámetros y modelos correspondientes para la simulación digital,
- sistema propuesto para la aireación del rodete.

A.2 INFORMACIÓN REQUERIDA DESPUÉS DE FORMALIZAR EL CONTRATO

El proveedor debe enviar a la CFE, dos copias en papel Bond, y un CD con dichos documentos digitalizados para su revisión.

Toda la información aprobada se debe enviar a CFE, con cuatro copias en papel Bond, y una copia en forma digitalizada en CD. Asimismo, se debe indicar claramente que la información está aprobada y contener, como mínimo, la fecha, responsable y documento con el cual se aprobó.

El proveedor debe proporcionar a la CFE, en forma descriptiva, más no limitativa, la información que se menciona a continuación.

Programa de suministro, montaje, pruebas y puesta en servicio de la totalidad del equipo suministrado.

-
- 3 (tres) copias de todos los planos que resulten aprobados por la CFE,
- 3 (tres) juegos completos con la información técnica y referencias tales como, lista de planos, memorias de cálculo, relación de equipos y procedimientos de montaje,
- 4 (cuatro) juegos completos de todos los reportes de inspección y de pruebas,
- 4 (cuatro) juegos completos de todos los instructivos de montaje, operación, mantenimiento de los equipos y sistemas considerados en el suministro.
- la información total cuando haya sido aprobada, debe ser entregada a la CFE, en forma digitalizada, en discos compactos,
- diagramas de control e instrumentación,
- planos eléctricos de fuerza,
- gráficas con los valores de las frecuencias y porcentaje de apertura del distribuidor que resulte de las pruebas al modelo.
- Informe del estudio de simulación de flujo de acuerdo a lo establecido en el punto 5.3.5 de esta especificación, así como el “software” del CFD.

Dibujos del modelo y datos de prueba.

El proveedor debe entregar a la CFE, después de la formalización del contrato, 4 copias de los planos que contengan todos los detalles del modelo propuesto, descripción clara de las instalaciones para pruebas, equipo con que deben ser realizadas y tiempo de duración para revisión y aprobación de la localización de tomas piezométricas.

El proveedor debe suministrar 3 copias con los datos de las pruebas y los resultados preliminares para aprobación.

TABLA A.1 - Información solicitada después de formalizar el contrato

CONCEPTO	NÚMERO DE EJEMPLARES
Lista de todos los planos y diagramas que deben ser enviados	3
Programas de ingeniería, fabricación, pruebas, inspección y embarque	2
Planos de arreglo de equipo y de detalle, con dimensiones, masas, localizaciones e interconexiones en general.	3
Dibujos de arreglo del equipo y de detalle, incluyendo lista de partes y materiales	3
Programas de pruebas en fábrica y en sitio	2

Continúa…

…continuación

Información del Modelo de la Turbina:	
Tabla de eficiencias del rodete modelo utilizado para preparar la propuesta,	3
- reporte de pruebas en fábrica y las realizadas al modelo,	3
- diámetro del rodete y caída de pruebas, utilizados para determinar la tabla de eficiencias garantizadas,	3
- dibujos del equipo y planos generales de las componentes de la turbina,	3
- dibujos del rodete, carcasa espiral y tubo de aspiración utilizados en el modelo,	3
- curvas de "colina" del prototipo y del modelo que muestren las eficiencias obtenidas en las diferentes condiciones de caída y potencia y coeficiente de cavitación.	3
Memorias de Cálculo:	
- de la carcasa espiral,	3
- de las frecuencias críticas,	2
- de las velocidades críticas,	2
- de las fuerzas transmitidas a la cimentación por parte de las chumaceras,	3
- de la capacidad de las chumaceras y cargas consideradas en el diseño,	3
- de la capacidad de los servomotores,	3
- del anillo de regulación en la condición más desfavorable de funcionamiento para el soporte de dicho anillo,	3
- del trabajo de los servomotores,	3
- de las deformaciones y solicitaciones de la tapa superior de la turbina,	3
- del drenaje por gravedad de la tapa superior de la turbina.	3
Diagramas Indicando en Detalle la Construcción y Características Principales de los Sistemas:	
- sistema del suministro de aire comprimido o nitrógeno,	2
- requerimientos de agua de enfriamiento,	2
- diagrama de instrumentación para control, medición y protección.	3

Continúa…

…continuación

Diagramas Eléctricos y Lista de Instrumentos que Incluyan lo Siguiente:	
Condiciones de operación, identificación, servicio y localización, así como valores de ajuste	
- diagramas de localización y conexiones de todos los instru - mentos de control, medición y señalización, incluyendo la lista de instrumentos con sus condiciones de operación, identificación, servicio, intervalo, valores de ajuste y características generales,	4
- de localización de instrumentos en los equipos,	4
- eléctricos unifilares y trifilares,	
- dibujos de arreglo general y de detalle, de los equipos suministrados con lista de partes y materiales,	4
- diagramas de los sistemas de los reguladores de velocidad, tanto eléctricos como mecánicos e hidráulicos, así como un diagrama esquemático de todos los circuitos del mismo regulador.	3
Otros:	
- curvas de eficiencia – potencia, potencia – gasto, eficiencia – gasto y la curva indexada de la medición de flujo (gasto – diferencial de presión en carcasa),	4
- procedimiento para preparación de superficies y aplicación de primarios y pintura de acabado,	3
- procedimientos de ensayos no destructivos (END),	3
- reporte de pruebas de eficiencia de la turbina,	3
- procedimientos de embalaje y embarque,	3
- procedimientos de montaje, puesta en servicio, operación y mantenimiento,	4

Antes de la prueba atestiguada, el proveedor debe suministrar, 3 copias del reporte preliminar de las pruebas al modelo y 4 (cuatro) copias del reporte de la prueba final al modelo.

Toda la información solicitada se debe entregar de acuerdo al programa establecido en las bases de la licitación. Cuando esta información quede aprobada, el proveedor la debe entregar en forma digitalizada.

El proveedor es responsable de la actualización de planos y diagramas, que resulten por ajustes durante el montaje, pruebas y puesta en servicio, en cuyo caso los debe presentar, para aprobación de la CFE y a partir de la modificación, los planos definitivos con el sello de “Así quedó construido”.

El proveedor debe presentar 4 instructivos de montaje, operación y mantenimiento encuadernados en forma de libro, incluyendo los procedimientos empleados y aprobados por la CFE y de acuerdo a lo establecido en la norma NRF-002-CFE.

A.3 ANEXOS A LA PROPUESTA

El proveedor debe enumerar a continuación, todos los planos, manuales, instructivos y demás información que incluye con su propuesta.

_____

_____

APÉNDICE B
(Obligatorio)

PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS EQUIPOS

El licitante debe proporcionar a la CFE, la información solicitada en este Apéndice.

B.1 EXPERIENCIA

En la tabla B.1, el licitante debe suministrar la información relativa a turbinas hidráulicas tipo Kaplan, comparables a la especificada, que haya instalado con anterioridad. Si el espacio no es suficiente, adjuntar hojas numeradas, utilizando los mismos encabezados.

TABLA B.1 - Experiencia del licitante

Nombre de la central y lugar de ubicación	No. de unidades	Potencia MW	Caída m	Gasto m^3/s	Fecha de inicio y horas de operación	Observaciones

B.2 GARANTÍAS Y CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO REQUERIDO

El licitante garantiza el funcionamiento adecuado de los equipos que suministra, por medio de sus respuestas a los datos confirmatorios que se anotan en el presente Apéndice; mismos que se deben utilizar como base para la evaluación de las propuestas y en su caso, aplicación de penalizaciones y rechazo de los equipos.

A continuación, el licitante debe anotar toda la información solicitada:

B.2.1 Datos de Diseño de la Turbina

a) Velocidad específica _____

b) Velocidad nominal _____r/min

c) Potencia nominal _____ kW

d) Eficiencia _____ %

e) Gasto nominal _____ m³/s

La potencia y eficiencia deben ser datos garantizados. Se debe adjuntar en la propuesta, una gráfica con las curvas de potencia, eficiencia y gasto de la turbina, para las siguientes caídas de acuerdo a la tabla B.2.

TABLA B. 2 - Variaciones de potencia, eficiencia y gasto dependiendo de las diferentes caídas

Caída máxima _____m	Potencia_____kW Eficiencia en % Gasto en m^3/s
Caída de diseño _____m	Potencia_____kW Eficiencia en % Gasto en m^3/s
Caída mínima _____m	Potencia_____kW Eficiencia en % Gasto en m^3/s

a) Eficiencia media pesada.

H = _____m	H = _____m	H = _____m
P = _____kW	P = _____kW	P = _____kW
η = _____%	η = _____%	η = _____%

Por ciento de tolerancia que se utiliza en las pruebas, según la norma IEC 60041.

- potencia nominal _____ kW
- carga _____ m
- eficiencia _____ %

b) Eficiencia obtenida en el rodete del modelo _____ %

c) Fórmula utilizada para pasar los valores del modelo, a los valores garantizados para el prototipo.

d) Gasto de la turbina.

- el gasto máximo estimado a velocidad de desboque sin carga en el generador, excepto la oposición del aire y la fricción para las caídas netas indicadas, con las paletas reguladoras y los álabes del rodete en las posiciones de:

Carga	H=_____ m	H=_____ m	H=_____ m
Sobre levas	Q=_____ m³/s	Q=_____ m³/s	Q=_____ m³/s
Fuera de levas	Q=_____ m³/s	Q=_____ m³/s	Q=_____ m³/s
Posición de los álabes	_____ %	_____ %	_____ %

El licitante debe llenar la siguiente tabla.

TABLA B.3 - Potencia, eficiencia, apertura de las paletas y gasto del prototipo

Caída efectiva	Concepto	Potencia de la turbina (%)							Punto de mayor eficiencia
		100	90	80	70	60	50	40	
Caída máxima	Potencia turbina MW								
	Eficiencia (%)								
_____m	Apertura de las paletas reguladoras en %								
	Gasto en la descarga, m^3/s								
Caída de diseño	Potencia turbina MW								
	Eficiencia (%)								
_____ m	Paletas reguladoras del distribuidor. Gasto en la descarga, m^3/s								
Caída mínima	Potencia turbina MW								
	Eficiencia (%)								
_____ m	Paletas reguladoras del distribuidor Gasto en la descarga, m^3/s								

- la carga máxima estimada a velocidad síncrona para las cargas netas indicadas, con las paletas reguladoras y los álabes del rodete en las siguientes posiciones:

Carga	H=_____ m	H=_____ m	H=_____ m
Sobre levas	Q=_____ m³/s	Q=_____ m³/s	Q=_____ m³/s
Fuera de levas	Q=_____ m³/s	Q=_____ m³/s	Q=_____ m³/s
Posición de los álabes	_____ %	_____ %	_____ %

a) Garantía de no cavitación.

Horas de operación garantizadas sin pérdida de material en:

- álabes del rodete (cada uno) _____ h
- tapa _____ h
- anillo de descarga y tubo de aspiración _____ h
- otras partes _____ h

b) Sumergencia mínima de la línea de centros del distribuidor.

Los valores con respecto al nivel normal del río, con la unidad generadora en operación, para los que se garantiza la potencia y no cavitación, son los siguientes:

	Caída neta:	Sumergencia mínima:
- máxima	_____ m	_____ m
- de diseño	_____ m	_____ m
- mínima	_____ m	_____ m

c) Velocidad de desboque

La máxima velocidad de desboque de la turbina, con una caída neta de _____m, sin carga en el generador, excepto la oposición del aire y la fricción, con las paletas reguladoras y los álabes del rodete en la posición de:

- sobre levas _____ r/min
- fuera de levas _____ r/min

d) Valores de caída de prueba del modelo y diámetro de salida del mismo.

$D_{máx}$ =_____ m

D_{m} =_____ mm

El proveedor debe entregar los planos con las dimensiones del modelo que utilizó para determinar las eficiencias indicadas, de acuerdo con la norma IEC-60193.

a) Diámetro de salida del rodete prototipo.

$D_{máx}$ = _____ mm

b) Empujes

- al máximo empuje hidráulico bajo una altura neta máxima de_____ m y con las paletas reguladoras y los álabes del rodete en posición de:
  - . sobre levas t _____ kN
  - . fuera de levas t _____ kN
- masa de las partes rotatorias de la turbina
  - . rodete y cono (ensamblados) _____ kN
  - . flecha _____ kN
- máximo empuje hacia abajo, debido
  - . al distribuidor de aceite. _____ kN

Se debe incluir el cálculo correspondiente a cada uno de los empujes, indicando el lugar de aplicación de los mismos sobre las chumaceras, otras partes de la turbina y en la obra civil correspondiente.

c) Sobrevelocidad y sobrepresión máximas.

potencia (máxima) _____kW

gasto de la turbina _____m³/s

altura neta _____m

sobre velocidad máxima _____%

sobre presión máxima _____ kPa

momento volante de la turbina (WR^2) _____ t m²

momento volante considerado para el generador (WR^2) _____ t m²

momento total (WR^2) _____ t m²

tiempo muerto del regulador de velocidad _____ s

tiempo efectivo del cierre del distribuidor _____ s

tiempo de cierre total del distribuidor _____ s

tiempo de cierre de las paletas _____ s

La sobrepresión máxima debe ser expresada en MPa, desde la elevación del centro del distribuidor.

Se deben incluir los valores de la velocidad considerada, así como los cálculos y gráficas de las cuales se hayan obtenido los valores de tiempo de cierre, momento volante, sobrepresión y sobre velocidad.

d) Valores de las frecuencias naturales y de excitación, los cuales posteriormente deben ser confirmados en el modelo.

e) frecuencia máxima de las pulsaciones de presión en la descarga del rodete (torcha) _____Hz,

- indicar las condiciones de operación para el valor de la frecuencia mencionada en el inciso anterior. Las condiciones de operación a indicar son:

  . altura en metros % de apertura de las paletas reguladoras, sumergencia y el valor del coeficiente de cavitación

  _____
  _____
  _____

- frecuencia natural en el tubo de aspiración _____ Hz

- frecuencia de los vórtices de Karman en el antedistribuidor _____ Hz

- frecuencia natural de las paletas fijas del antedistribuidor _____ Hz

- frecuencia natural de las paletas reguladoras _____ Hz

- frecuencia natural de partes rotatorias del grupo turbina-generador _____ Hz

- frecuencia natural de los álabes del rodete _____ Hz

- frecuencia natural a la cual puede oscilar. el sistema eléctrico. _____ Hz

- frecuencia natural de la columna de agua en la conducción a presión: de _____ a _____ Hz

- se suministra la gráfica de frecuencia contra % de apertura de las paletas reguladoras si _____ no _____

- se suministran gráficas de características de resonancia si _____ no _____

- algunas otras gráficas representativas que considere el licitante adicionar, para aclarar este punto si _____ no _____

- en caso de que se encuentran cerca las frecuencias que provoquen la amplificación espontánea de las variaciones de presión y de caudal, causando vibraciones mecánicas y oscilaciones de potencia, cuál es la solución que adoptaría el licitante para alejar dichas frecuencias.

  _____
  _____
  _____

- amplitud pico a pico de las vibraciones máximas que se presentan en la parte del tubo de aspiración mm _____ µ

- frecuencia natural del rodete completo _____ Hz

B.2.2 Datos Confirmatorios

En cada uno de ellos el licitante debe anotar “suministrado", o "conforme”.

a) Se tomaron en consideración las condiciones del agua en el diseño de todos los elementos de la turbina. si _____ no _____

b) Tubo de aspiración metálico, como se indica en la figura B.4 _____

c) Anillo de descarga de acero inoxidable con longitud mínima de _____ m

d) Plataforma de inspección del rodete.

_____

e) Válvula y accesorios para drenaje en el tubo de aspiración, como se especifica:

f) Acceso al cojinete inferior de las paletas reguladoras.

_____

g) Placas de desgaste de acero inoxidable en las tapas superior e inferior de la turbina.

_____

h) Placas necesarias de acero inoxidable a lo largo del curso de agua como se especifica:

_____

i) Las placas de desgaste suministradas son auto-soportadas.

_____

j) Se suministran, en forma de préstamo, todos los elementos y equipos para la prueba hidrostática.

_____

k) Se debe suministrar con la propuesta, un plano con cortes transversal y longitudinal, donde se muestre con toda claridad el suministro de todas las partes de acero inoxidable.

_____

l) Válvulas de aire o rompedoras de vacío, actuadas por el mecanismo de operación de los álabes del rodete.

_____

m) La aireación de la turbina no requiere tubos en la parte inferior del rodete.

_____

n) Rimas y tornillos necesarios para el acoplamiento del grupo turbina-generador.

_____

o) Se acepta la responsabilidad del alineamiento de las flechas del grupo, turbina-generador.

_____

p) Sistema de sello de agua que permita el cambio de anillos de teflón sin vaciado de la turbina.

_____

q) Equipo para la extracción de vapores de aceite de las chumaceras.

_____

r) Placas de acero inoxidable en la parte superior de las paletas reguladoras como se especifica: __

_____

s) Tubería de compensación y válvula para disminuir el empuje hidráulico.

_____

t) La chumacera guía soporta la velocidad de desboque por 30 min.

u) Las chumaceras de carga y guía soportan la operación durante 15 min sin agua de enfriamiento

v) Se suministra dispositivo para extraer los segmentos de la chumacera de carga.

w) Se suministra grúa puente circular y herramienta necesaria para efectuar maniobras de montaje y desmontaje del mecanismo de regulación_____

x) las paletas reguladoras disponen de doble cojinete guía como se especifica:

y) Se prevén sellos especiales en las placas de desgaste superior e inferior, para sello de las paletas reguladoras, así como las empaquetaduras en los vástagos de cada álabe del rodete.

_____

z) La turbina opera en cualquier condición hasta con un 40 % de potencia nominal en condiciones satisfactorias.

_____

aa) Todos los motores suministrados son del tipo totalmente cerrados y cumplen con las normas que se indican.

_____

_____

bb) Se incluye al personal de montaje, por el tiempo necesario como se solicita

_____

cc) Se suministra el equipo eléctrico como se solicita en párrafo 5.3.15_____
Indicar lo que no se suministra_____

dd) Se suministra el equipo para que la unidad opere como condensador síncrono.

_____

ee) Se suministra la Instrumentación como se solicita en párrafo 5.3.16

_____

ff) Se suministran la información o los equipos siguientes:

- sistema de aire comprimido o de nitrógeno _____
- fugas de agua y drenaje _____ l/s
- fugas de agua en el sello de los vástagos y las paletas reguladoras, inicialmente _____ l/s
- después de tres (3) años de operación _____ l/s
- descripción y volumen de otras fugas de agua

  _____

  _____
- volumen de aguas por drenar:
  - . en el tubo de aspiración _____ m^3
  - . en la carcasa espiral _____ m^3
- número de bombas o eductores que se utilizan como respaldo al sistema de drenaje de la tapa superior
- capacidad de los motores de las bombas si se opta por esta solución _____kW
- gasto y presión del agua del eductor si se opta por esta solución_____ m^3/s

B.2.3 Datos del equipo

B.2.3.1 Tubo de aspiración

a) Se incluye todo lo solicitado en la especificación para este concepto si_____ no _____

b) Cota a la línea de centros del rodete distribuidor _____ m s.n.m.

c) Distancia horizontal del eje del rodete de la unidad y el extremo del tubo de aspiración _____ m

d) Distancia vertical entre la línea de centros del distribuidor y la parte más baja del tubo de aspiración _____ m

e) Distancia entre la línea de centros del distribuidor a la línea del centros del rodete _____ m

f) Altura del anillo de descarga _____ m

g) Masa del anillo de descarga _____ kg

h) Composición del acero del anillo de descarga _____ Norma

i) Composición de la placa de acero usada para el tubo de aspiración _____ Norma

j) Masa del tubo de aspiración completo sin anillo de descarga _____ t

k) Forma del tubo de aspiración y límite de suministro.

La siguiente nomenclatura se refiere a la Figura B.4.

H_t _____ mm

N _____ mm

O _____ mm

P _____ mm

Q _____ mm

R _____ mm

W _____ mm

T (límite del suministro metálico) _____ mm

S _____ mm

Z _____ mm

V _____ mm

U _____ mm

F espesor _____ mm

D_i _____ mm

Velocidad media a la salida del tubo de aspiración con gasto máximo de: _____ m/s _____ m^3/s

l) Máximo número de secciones, en que se divide el tubo de aspiración para su transportación:

_____

B.2.3.2 Carcasa espiral

a) Se incluye todo lo solicitado en la especificación.

_____

_____

b) Norma del material de la carcasa.

_____

_____

c) Dimensiones de la carcasa espiral.

La siguiente nomenclatura se refiere a la figura B.2.

B _____ mm

C _____ mm

D _____ mm

E _____ mm

F _____ mm

G _____ mm

H _____ mm

I _____ mm

L _____ mm

M _____ mm

N _____ mm

d) Dimensiones de la carcasa semiespiral.

La siguiente nomenclatura es de acuerdo a la figura B.3.

B _____ mm

C _____ mm

D _____ mm

E _____ mm

F _____ mm

G _____ mm

H _____ mm

I _____ mm

L _____ mm

M _____ mm

N _____ mm

B.2.3.3 Rodete

a) Se incluye todo lo solicitado en la especificación si_____ no _____

b) Número de álabes del rodete _____

c) Masa del rodete completo _____ kg

d) Masa de cada álabe del rodete _____ kg

e) Composición química y norma del acero del cubo.(Norma) _____

_____

_____

f) Composición química y norma del acero utilizado en los álabes del rodete

_____

_____

g) Número del dibujo del rodete modelo que se anexa

h) Factores de seguridad utilizados para el rodete modelo

_____

_____

i) Factores de seguridad utilizados para el rodete prototipo

_____

_____

j) Dimensiones del rodete

La siguiente nomenclatura es de acuerdo a la figura B.1

$D_{máx}$ = Diámetro máximo del anillo de descarga _____ mm

D_m = Diámetro del cubo _____ mm

H_i = Altura del eje del centro lineal del distribuidor al centro del rodete _____ mm

H_m = Altura del centro del distribuidor, al cono _____ mm

H_t = Distancia del centro del rodete a la parte inferior del anillo de descarga _____ mm

J_1 = Longitud de la flecha entre paños de bridas _____ mm

J_2 = Distancia entre paño de brida del rodete y centros de álabes _____ mm

k) Desplazamiento del pistón del servomotor de los álabes del rodete _____m

l) Cantidad de aceite requerido para llenar el cubo del rodete. _____ L

m) La posición balanceada de las paletas reguladoras, medida en grados desde la posición de cierre completo.

_____

n) Movimiento estimado de las paletas reguladoras en grados, desde la posición de totalmente cerrado, a la posición de totalmente abierto. _____

o) Posición angular extrema de los álabes del rodete, en grados medidos entre las proyecciones de una línea horizontal y una línea que une las orillas de entrada y salida de la hoja en su perferia:

- cerrada _____
- abierta _____

p) Apertura sobre levas de las paletas reguladoras en grados.

$H_{máx}$= _____ m _____ grados

H_{dis} = _____ m _____ grados

H_{min} = _____ m _____ grados

q) Momento torsionante calculado con el rodete estacionario y la unidad parada, con las paletas reguladoras libres y los álabes del rodete en su posición más inclinada bajo una altura neta de:

H máx = _____ m _____ Nm

H dis = _____ m _____ Nm

H min = _____ m _____ Nm

r) Momento torsionante calculado con el rodete estacionario y los álabes del rodete en su posición más inclinada, debido a fugas en las paletas reguladoras.

H máx= _____ m _____ Nm

H dis = _____ m _____ Nm

H min = _____ m _____ Nm

s) Capacidad del servomotor de los álabes del rodete. _____ Nm

B.2.3.4 Flecha de la turbina

a) Se incluye todo lo solicitado si_____ no _____

b) Longitud de la flecha _____ mm

c) Diámetros de la flecha: interior __ mm, exterior _____mm

d) Cota de acoplamiento con el generador que permite la flecha _____m s.n.m.

e) La flecha es hueca y permite el acceso de tuberías de lubricación si_____ no _____

f) Distancia entre el eje del distribuidor y el acoplamiento. _____ mm

g) Número del dibujo suministrado en el que se muestra el acoplamiento propuesto. _____

h) Masa de la flecha _____t

i) El acero de la flecha cumple con la norma _____

j) Tipo de estopero y empaques propuestos _____

k) Número de escrito suministrado en que se describe el sistema de sello propuesto para el cambio de material del empaque del estopero sin vaciado de la turbina. _____

l) Número del dibujo suministrado en que se muestra el sistema de eliminación de vapores de aceite y otros dispositivos _____

m) Cantidad de agua y presión suministrada, requerida para el estopero de la flecha de la turbina _____l/s _____ kPa

B.2.3.5 Tapa superior de la turbina

a) Se incluye todo lo solicitado si_____ no _____

b) Dimensiones _____ mm

c) Masa de la placa de desgaste _____ kg

d) Composición del acero de la misma _____

B.2.3.6 Distribuidor y mecanismo de regulación

a) Se incluye todo lo solicitado en la especificación. si_____ no _____

b) Volumen del servomotor (carrera x sección transversal del cilindro). _____ cm^3

c) Pérdida del agua con distribuidor cerrado y bloqueado _____ l/s

d) Aumento de dicha pérdida de agua indicada en el inciso anterior, después de 3 años de operación. _____ l/s

e) Número de cojinetes de empuje de las paletas reguladoras. _____

f) Número de paletas reguladoras. _____

g) Masa de cada paleta reguladora. _____ kg

h) Composición química del acero inoxidable de las paletas reguladoras según norma _____ NMX

i) Son desmontables los casquillos de los cojinetes guía y de empuje de las paletas reguladoras si_____ no _____

j) Número del dibujo suministrado que muestra la gráfica tiempo vs % de apertura del distribuidor _____

k) Servomotores

- número requerido _____
- diámetro interior / diámetro del vástago _____mm _____ mm
- carrera _____ mm
- capacidad dinámica _____ kN
- volumen _____ cm^3

Indicar los elementos auto-lubricantes, que utilizan los cojinetes en el sistema de regulación de la turbina.

B.2.3.7 Placas de desgaste adicionales a lo especificado

Indicar cuáles son y donde se ubican.

_____

Composición química del acero inoxidable de estas placas.

_____

a) Masa total de las mismas _____t

Son las placas adicionales, fácilmente desmontables, reemplazables y auto-soportadas.

_____

b) Descríbase como se pueden reemplazar estas placas

_____
_____
_____

B.2.3.8 Equipo eléctrico

Tablero local de la turbina.

a) Se incluye todo lo solicitado en la especificación si_____ no _____

b) Enumerar el equipo incluido

_____
_____
_____

c) Masa total de los mismos _____t

B.2.3.9 Instrumentos de medición, control y protección

_____

a) Se incluye todo lo solicitado en la especificación si_____ no _____

b) Enumerar los equipos y sistemas que se incluyen

_____
_____
_____

c) Masa total de los mismos _____t

- gasto de agua de enfriamiento considerando que el agua de enfriamiento se debe tomar de la conducción a presión, se deben diseñar los intercambiadores de calor para operar a la presión máxima incluyendo el golpe de ariete correspondiente a las caídas especificadas, como se desea, _____ l/s
- dimensiones de las perforaciones para los filtros _____ mm

B.2.3.10 Requerimientos de agua de enfriamiento

a) Enumerar las partes que requieren agua de enfriamiento

b) Gasto_____m^3/s; presión de entrada_____ k Papresión de salida _____ kPa

temperaturas de entrada___°C _____de salida °C

c) Observaciones _____

B.2.3.11 Se deben anotar a continuación, los equipos que se suministran para permitir que el grupo opere como condensador síncrono, (se entiende que estos equipos deben ser todo lo necesario para este propósito)

Identificación	Descripción

_____
_____
_____

B.2.3.12 Fugas de agua

a) Se incluye todo lo solicitado en la especificación si_____ no _____

b) Fugas de agua de sello de los vástagos y las paletas reguladoras inicialmente _____ l/s

c) Después de tres años de operación _____ l/s

d) Descripción y volumen de otras fugas de agua

_____
_____

e) Volumen de agua por drenar

- en el tubo de aspiración _____ m^3
- en la carcasa espiral _____ m^3

B.2.3.13 Elementos auto-lubricantes

a) Indicar tipo y describir los elementos auto-lubricantes que utilizan los cojinetes en el sistema de regulación de la turbina:

_____
_____

b) Dimensiones de las perforaciones para los filtros _____ mm

B.3 MONTAJE

a) Se incluye todo lo solicitado en la especificación. Si □ No □

b) Equipo de montaje y mantenimiento.

Anótese a continuación, el lote de todos los equipos, herramientas y dispositivos especiales que deben ser diseñados y fabricados para el siguiente caso y que son necesarios para el montaje y mantenimiento de cada turbina.

_____
_____

c) El licitante debe proporcionar los datos siguientes:

Capacidad de la grúa para el montaje del equipo.

- capacidad necesaria del gancho principal de la grúa _____ kN
- capacidad necesaria del gancho auxiliar de la grúa _____ kN
- altura necesaria de izamiento del gancho principal _____ m
- altura necesaria de izamiento del gancho auxiliar _____ m
- acercamientos:

. aguas arriba _____ m

. aguas abajo _____ m

. laterales _____ m

d) Áreas requeridas para montaje y almacenaje.

- para montaje ___ _____ m²
- almacenaje cubierto _____ m²
- almacenaje descubierto _____ m²

e) Requerimientos del barril de concreto.

- diámetro interior _____ mm
- altura (desde la línea de centros del distribuidor) _____ mm
- distancia entre ejes de unidades _____ mm
- dimensión libre requerida de piso a techo en el nivel de turbinas.

f) Materiales y esfuerzos de diseño en las siguientes partes: remitirse a tabla B**.4**.

TABLA B.4 - Materiales y esfuerzos de diseño

Concepto	Especificación del material	Esfuerzo de diseño (kPa)
Antedistribuidor		
Distribuidor		
Tapa superior de la turbina		
Paletas reguladoras		
Carcasa		
Álabes del rodete		
Cubo del rodete		
Flecha		
Anillo del regulador de velocidad		

B.4 PRUEBAS DE EFICIENCIA

Las pruebas requeridas se deben describir en las tablas B.5 y B.6

TABLA B.5 - Pruebas que se deben realizar en fábrica

Concepto	Descripción	Observaciones

TABLA B.6 - Pruebas que se deben realizar en el sitio

Concepto	Descripción	Observaciones

B.4.1 Pruebas de Eficiencia

a) El proveedor suministra, en forma de préstamo, todos los equipos y aparatos para esta prueba.

_____

b) Se acepta el método (IEC-60041) que pide la CFE Si □ No □

c) Se acepta esta prueba como base de aplicación de penalizaciones. Si □ No □

d) En caso de divergencia, se acepta que el inspector independiente dé el fallo inapelable. Si □ No □

e) El proveedor debe indicar todo lo previsto para efectuar la prueba, como puntos de toma de presión, mediciones del flujo y posición de molinetes.

_____
_____

f) El proveedor debe indicar lo que la CFE deba prever en sus sistemas relacionados con la turbina.

_____
_____

g) Personal que envía el proveedor para la realización de la prueba.

_____
_____
_____

h) Personal que el proveedor requiere que la CFE proporcione para la realización de las pruebas.

_____
_____
_____

B.4.2 Masas de los Equipos

a) Tubo de aspiración _____t

b) Antedistribuidor _____t

c) Tapa _____t

d) Rodete completo _____t

e) Cubo del rodete _____t

f) Flecha de la turbina _____t

g) Servomotor _____t

h) Total de paletas reguladoras _____t

i) Otras partes _____

j) Masa total de la turbina _____t

k) Paletas reguladoras (por pieza) _____t

l) Álabes del rodete (por pieza) _____t

m) Tuberías, soportería y accesorios _____t

n) Tableros eléctricos _____t

o) Motores eléctricos _____t

p) Materiales eléctricos _____t

q) Instrumentos de control _____t

r) Nombre de la pieza con mayor masa por transportar _____

s) Masa de la pieza anterior _____t

t) Dimensiones de la pieza anterior _____

u) Otros _____t

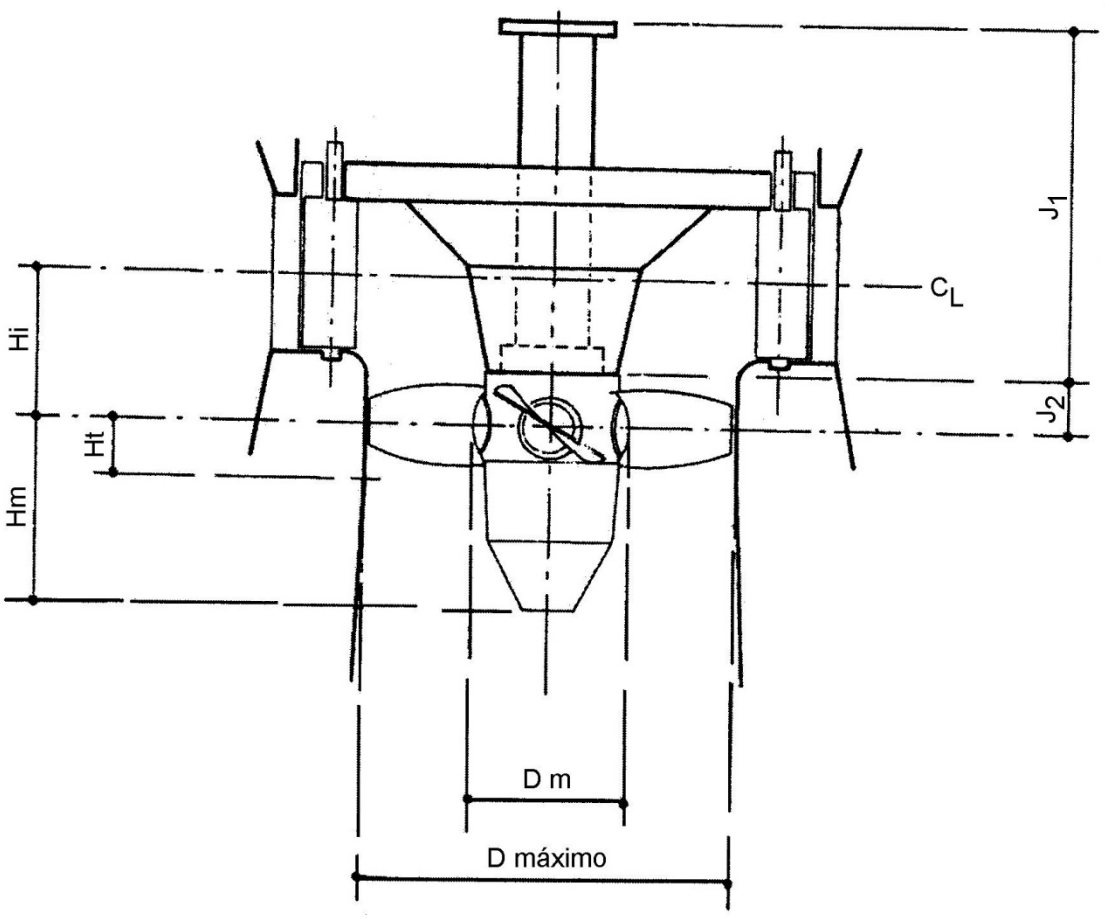

FIGURA B1 – Rodete

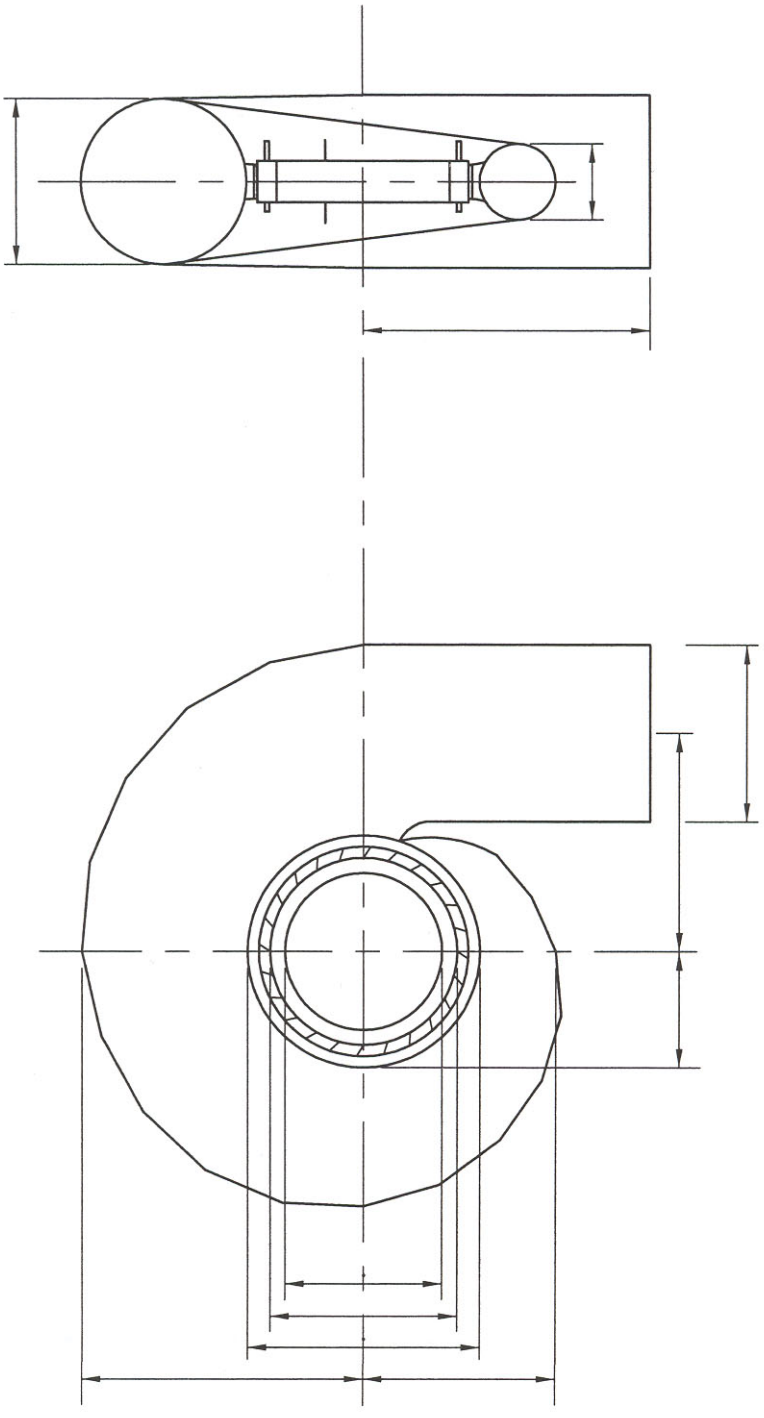

FIGURA B2– Carcasa espiral

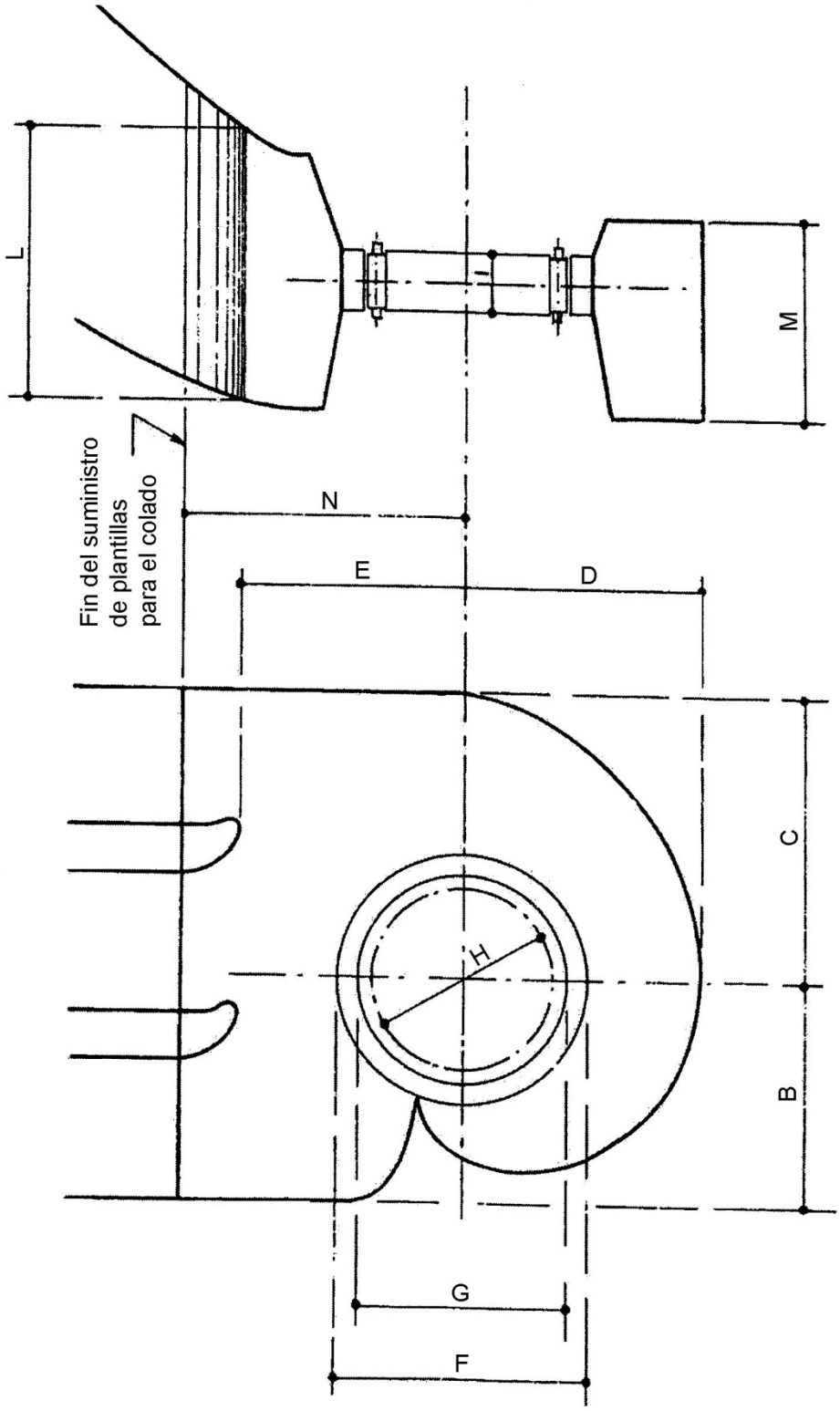

FIGURA B3– Carcasa semiespiral

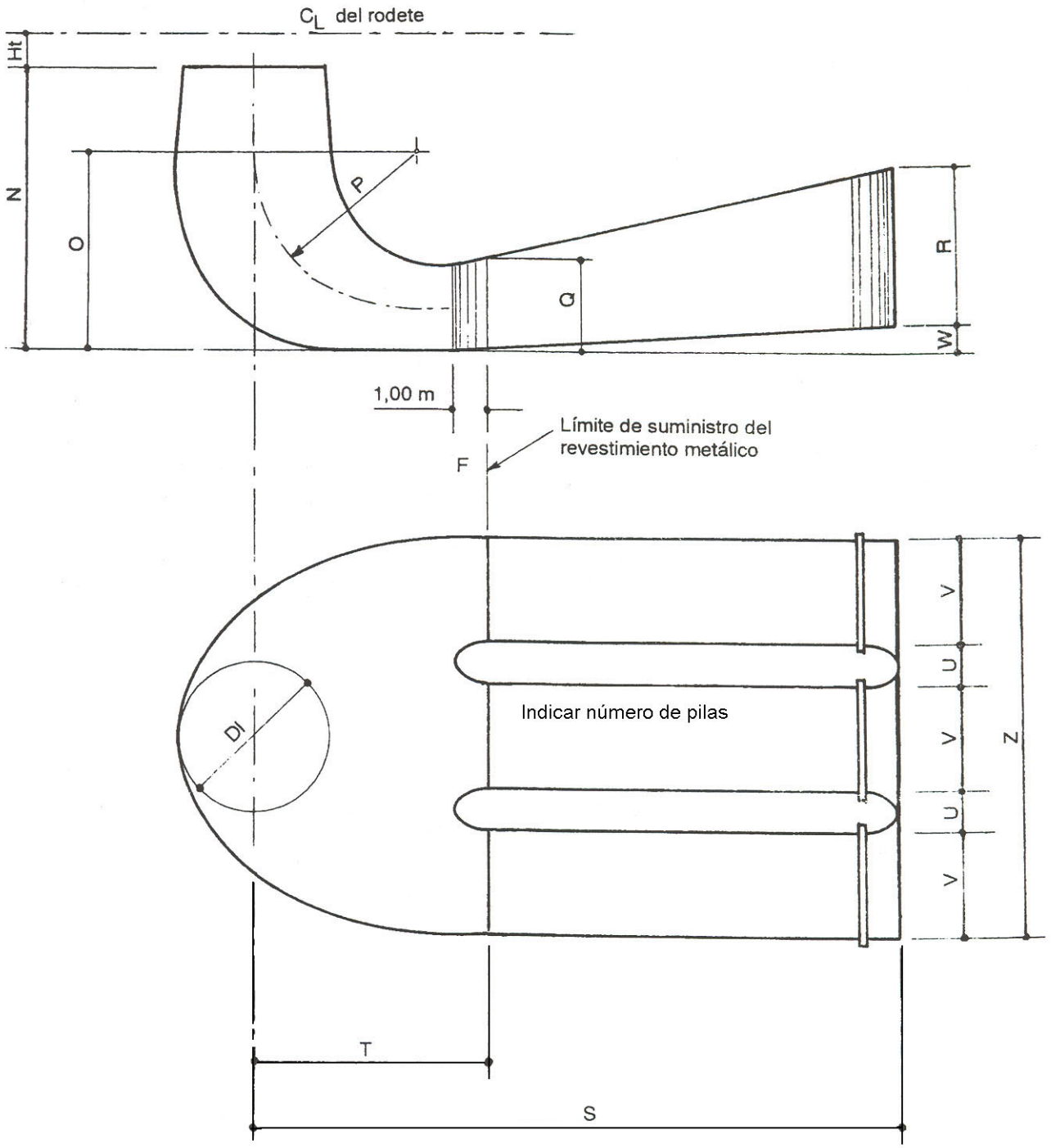

FIGURA B4 – Tubo de aspiración